

c) Concesión de becas y ayudas de investigación para escolares y estudiosos a base de reciprocidad.

## ARTICULO IV

Las Partes Contratantes fomentarán el intercambio y la colaboración de las Organizaciones de Juventudes reconocidas en cada uno de ambos países, así como el intercambio de equipos deportivos y la organización de manifestaciones deportivas diversas. Ambas Partes intercambiarán información que tenga por finalidad el desarrollo de estas actividades.

## ARTICULO V

Las Partes Contratantes facilitarán el establecimiento de Centros culturales, de acuerdo con las leyes y reglamentos de los respectivos países.

## ARTICULO VI

Las Partes Contratantes procurarán rectificar los errores o deformaciones de la realidad geográfica e histórica existentes en sus publicaciones impresas, particularmente los que figuran en los textos utilizados en las enseñanzas primaria y secundaria, por los medios que estén a su alcance.

## ARTICULO VII

Las Partes Contratantes intercambiarán informaciones turísticas y se concederán una mutua y posible asistencia para promover las industrias turísticas de ambos países.

## ARTICULO VIII

Las Partes Contratantes estudiarán conjuntamente las características de sus respectivas enseñanzas en el nivel universitario o superior, a fin de conocer con exactitud las condiciones en que sería eventualmente posible llegar a un acuerdo especial de equivalencia recíproca de títulos y diplomas de estudios.

## ARTICULO IX

El presente Convenio entrará en vigor en el momento del Canje de los Instrumentos de su Ratificación durante un periodo de cinco años, reconducible tácitamente por periodos iguales, salvo denuncia por una de las Partes con un preaviso de seis meses.

En fe de lo cual, los abajo firmantes, habiendo sido autorizados por sus respectivos Gobiernos, firman el presente Convenio en Madrid, a 7 de febrero de 1977, en original, por duplicado, en lengua coreana, española e inglesa. En caso de que surja alguna discrepancia en la interpretación del presente Convenio, su texto inglés será el que constituya la base de referencia.

Por el Gobierno del Estado  
español,

Marcelino Oreja Aguirre,  
Ministro de Asuntos Exteriores

Por el Gobierno  
de la República de Corea,

Park Tong Jin,  
Ministro de Asuntos Exteriores

El presente Convenio entró en vigor el 6 de junio de 1977, fecha del Canje de los respectivos Instrumentos de Ratificación, de conformidad con lo establecido en su artículo IX.

Lo que se hace público para conocimiento general.

Madrid, 7 de junio de 1977.—El Secretario general Técnico del Ministerio de Asuntos Exteriores, Fernando Arias-Salgado y Montalvo.

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

14406

REAL DECRETO 1408/1977, de 18 de febrero, por el que se aprueba la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado».

La técnica del hormigón pretensado se viene aplicando sin que exista una Instrucción o Reglamento español de carácter general que unifiquen criterios y que sirva de guía a proyectistas y constructores.

La Comisión Permanente del Hormigón, creada por Decreto dos mil novecientos ochenta y siete/mil novecientos sesenta

y ocho, de veinte de septiembre, ha redactado la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado», designada por la sigla EP-setenta y siete.

Dado que la EP-setenta y siete es el primer paso en nuestro país para reglamentar la técnica del hormigón pretensado, su aplicación debe tener un primer periodo con carácter de recomendación, durante el cual los técnicos especializados en este tema puedan presentar ante la Comisión Permanente del Hormigón sus opiniones y propuestas.

Al finalizar este primer periodo, la Comisión Permanente del Hormigón estará en condiciones de estudiar y someter al Gobierno para su aprobación, si procede, un texto definitivo de la EP-setenta y siete, con carácter de obligatorio.

En virtud de lo expuesto, a propuesta de los Ministros del Ejército, de Obras Públicas, de Educación y Ciencia, de Industria, de Agricultura, del Aire y de la Vivienda, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día dieciocho de febrero de mil novecientos setenta y siete,

## DISPONGO:

Artículo primero.—Se aprueba la adjunta «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado», que se designará abreviadamente EP-setenta y siete, y que entrará en vigor con carácter obligatorio a los dos años de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Artículo segundo.—Durante el plazo de un año, contado a partir de la fecha de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado», se podrán presentar observaciones a la citada Instrucción ante la Comisión Permanente de Hormigón, creada por Decreto dos mil novecientos ochenta y siete/mil novecientos sesenta y ocho, de veinte de septiembre.

Artículo tercero.—La Comisión Permanente del Hormigón, a la vista de tales observaciones, procederá a la revisión de la citada Instrucción, proponiendo, en su caso, el texto definitivo, que presentará al Gobierno para su aprobación, si procediera.

Artículo cuarto.—Mientras no se produzca la aprobación prevista en el artículo anterior, la aplicación de la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado» tendrá carácter voluntario.

Dado en Madrid a dieciocho de febrero de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

## INSTRUCCION

Para el proyecto y la ejecución  
de obras de hormigón  
pretensado

EP-77 pretensado

## INDICE

## Capítulo I. Introducción.

Artículo 1.º Campo de aplicación de la Instrucción.

Artículo 2.º Definiciones.

Artículo 3.º Estados límites.

3.1. Generalidades.

3.2. Estados límites de utilización peculiares del hormigón pretensado.

Artículo 4.º Clasificación de las estructuras pretensadas según su utilización.

Artículo 5.º Unidades, convención de signos y notación.

Artículo 6.º Documentos del proyecto.

6.1. Generalidades.

6.2. Memoria.

6.2.1. Normas generales.

6.2.2. Anejo de cálculo.

6.2.3. Cálculos en ordenador.

- 6.3. Planos.
- 6.4. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- 6.5. Presupuesto.
- 6.6. Programa de trabajo.
- 6.7. Modificaciones del Proyecto.
- 6.8. Aplicación preferente de la legislación de contratos del Estado.

#### TITULO 1.º DE LA REALIZACION DE LA OBRA

##### Capítulo II. Materiales.

###### Artículo 7.º Cemento.

- 7.1. Cementos utilizables.
- 7.2. Suministro y almacenamiento.

###### Artículo 8.º Agua.

###### Artículo 9.º Aridos.

- 9.1. Generalidades.
- 9.2. Limitación de tamaño.
- 9.3. Prescripciones y ensayos.
- 9.4. Almacenamiento.

###### Artículo 10. Aditivos.

###### Artículo 11. Hormigones.

- 11.1. Composición.
- 11.2. Condiciones del hormigón.
- 11.3. Características mecánicas.
- 11.4. Coeficientes de conversión.
- 11.5. Valor mínimo de la resistencia.
- 11.6. Docilidad del hormigón.

###### Artículo 12. Armaduras pasivas.

- 12.1. Generalidades.
- 12.2. Barras lisas.
- 12.3. Barras corrugadas.
- 12.4. Mallas electrosoldadas.
- 12.5. Suministro y almacenamiento.

###### Artículo 13. Armaduras activas.

- 13.1. Generalidades.
- 13.2. Características mecánicas.
- 13.3. Alambres.
- 13.4. Barras.
- 13.5. Torzales, cordones y cables.
- 13.6. Suministro y almacenamiento.
- 13.7. Características que deben poseer las armaduras para poder ser ancladas por adherencia.

###### Artículo 14. Sistemas de pretensado.

###### Artículo 15. Dispositivos de anclaje y empalme de las maduras postesas.

- 15.1. Características de los anclajes.
- 15.2. Empalme.
- 15.3. Suministro y almacenamiento.

###### Artículo 16. Vainas y accesorios.

###### Artículo 17. Productos de inyección.

- 17.1. Generalidades.
- 17.2. Productos de inyección adherentes.
- 17.3. Productos de inyección no adherentes.

##### Capítulo III. Ejecución.

###### Artículo 18. Cimbras, encofrados y moldes.

###### Artículo 19. Colocación de las armaduras pasivas.

- 19.1. Generalidades.
- 19.2. Doblado de las armaduras.
- 19.3. Distancias entre las barras de las armaduras pasivas.
- 19.4. Distancias a los paramentos.
- 19.5. Anclaje de las armaduras pasivas.

- 19.5.1. Generalidades.
- 19.5.2. Anclaje de las barras lisas.
- 19.5.3. Anclaje de las barras corrugadas.

###### 19.6. Empalme de las armaduras pasivas.

- 19.6.1. Generalidades.
- 19.6.2. Empalmes por solape.
- 19.6.3. Empalmes por soldadura.

###### Artículo 20. Colocación y tesado de las armaduras activas.

- 20.1. Generalidades.
- 20.2. Colocación de las armaduras activas.
- 20.3. Distancias entre las armaduras activas.
  - Recubrimientos.
  - 20.3.1. Armaduras pretesas.
  - 20.3.2. Armaduras postesas.
- 20.4. Tolerancias.
  - 20.4.1. Tolerancias en la posición de las armaduras activas.
  - 20.4.2. Tolerancia en la regularidad del trazado de las armaduras activas.
- 20.5. Empalmes de las armaduras activas.
- 20.6. Colocación de los dispositivos de anclaje.
- 20.7. Tesado de las armaduras activas.
  - 20.7.1. Generalidades.
  - 20.7.2. Programa de tesado.
  - 20.7.3. Tensión máxima inicial admisible en las armaduras.
  - 20.7.4. Control del tesado. Alargamiento.
  - 20.7.5. Medidas de seguridad que deben adoptarse durante el tesado.
  - 20.7.6. Tabla de tesado.
  - 20.7.7. Retesado de armaduras postesas.
  - 20.7.8. Destesado de armaduras pretesas.

###### Artículo 21. Dosificación del hormigón.

###### Artículo 22. Fabricación del hormigón.

###### Artículo 23. Puesta en obra del hormigón.

- 23.1. Transporte y colocación.
- 23.2. Compactación.
- 23.3. Técnicas especiales.

###### Artículo 24. Juntas de hormigonado.

###### Artículo 25. Hormigonado en tiempo frío.

###### Artículo 26. Hormigonado en tiempo caluroso.

###### Artículo 27. Curado del hormigón.

###### Artículo 28. Descimbrado, desencofrado y desmoldeo.

###### Artículo 29. Acabado de superficies y tolerancias.

###### Artículo 30. Uniones de continuidad entre elementos prefabricados.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

**14407** ACUERDO Complementario de Cooperación Técnica entre el Gobierno de la República de Venezuela y el Gobierno de España en materia de turismo, hecho en Madrid el 21 de diciembre de 1976.

ACUERDO COMPLEMENTARIO DE COOPERACION TECNICA ENTRE EL GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE VENEZUELA Y EL GOBIERNO DE ESPAÑA EN MATERIA DE TURISMO

El Gobierno de la República de Venezuela  
y el Gobierno de España

en aplicación de lo previsto en el Convenio básico de Cooperación Técnica, suscrito entre ambos Estados, el 10 de agosto de 1973, han resuelto celebrar el presente Acuerdo Complementario de Cooperación Técnica en materia de turismo sujeto a las siguientes estipulaciones:

#### ARTICULO I

Las Altas Partes Contratantes se concederán recíprocamente las máximas facilidades para el incremento del turismo entre los dos países, entendiéndose que tales facilidades se aplicarán

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** *INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)*

Artículo 31. *Inyección.*

- 31.1. Preparación de la mezcla.
- 31.2. Ejecución de la inyección.
- 31.3. Inspección.
- 31.4. Medidas de seguridad.

Artículo 32. *Observaciones generales respecto a la ejecución.*

- 32.1. Adecuación del proceso constructivo al proyecto.
- 32.2. Acciones mecánicas durante la ejecución.

Artículo 33. *Prevención y protección contra acciones físicas y químicas.*

- 33.1. Generalidades.
- 33.2. Durabilidad del hormigón.
- 33.3. Corrosión de las armaduras pasivas.
- 33.4. Corrosión de las armaduras activas.
- 33.5. Protección y conservación de las armaduras activas y de los anclajes.

TITULO 2.º DE LA REALIZACION DEL PROYECTO

Capítulo IV. *Características de los materiales.*

Artículo 34. *Características de los aceros.*

- 34.1. Generalidades.
- 34.2. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras pasivas.
- 34.3. Resistencia de cálculo del acero para armaduras pasivas.
- 34.4. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras pasivas.
- 34.5. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras activas.
- 34.6. Resistencia de cálculo del acero para armaduras activas.
- 34.7. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras activas.
- 34.8. Módulo de deformación longitudinal del acero para armaduras activas.
- 34.9. Relajación del acero para armaduras activas.

Artículo 35. *Características del hormigón.*

- 35.1. Definiciones.
- 35.2. Tipificación de la resistencia de proyecto.
- 35.3. Resistencia mínima del hormigón.
- 35.4. Diagrama tensión-deformación del hormigón.
- 35.5. Resistencia de cálculo del hormigón.
- 35.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón.
- 35.7. Módulo de deformación longitudinal del hormigón.
- 35.8. Retracción del hormigón.
- 35.9. Fluencia del hormigón.
- 35.10. Coeficiente de Poisson.
- 35.11. Coeficiente de dilatación térmica.

Artículo 36. *Adherencia de las armaduras activas al hormigón.*

Capítulo V. *Acciones.*

Artículo 37. *Clasificación de las acciones.*

- 37.1. Cargas o acciones directas.
- 37.2. Acciones indirectas.
- 37.3. Acciones debidas al pretensado.

Artículo 38. *Valores característicos de las acciones.*

- 38.1. Generalidades.
- 38.2. Valores característicos de las cargas permanentes.
- 38.3. Valores característicos de las cargas variables.
- 38.4. Valores característicos de las acciones indirectas.
- 38.5. Valores característicos de las acciones debidas al proceso constructivo.

Artículo 39. *Valores característicos de la fuerza de pretensado.*

- 39.1. Consideraciones generales.
- 39.2. Limitación de la fuerza.
- 39.3. Valor característico de la fuerza de pretensado.
- 39.4. Valoración de las pérdidas instantáneas de fuerza.
  - 39.4.1. Pérdidas de fuerza por rozamiento.
  - 39.4.2. Pérdidas por penetración de cuñas.
  - 39.4.3. Pérdidas por acortamiento elástico del hormigón.
- 39.5. Valoración de las pérdidas diferidas de fuerza.
  - 39.5.1. Pérdidas finales por retracción y fluencia del hormigón.
  - 39.5.2. Pérdidas por relajación del acero.
  - 39.5.3. Evolución de las pérdidas diferidas con el tiempo.

Capítulo VI. *Bases de Cálculo.*

Artículo 40. *Proceso general de cálculo.*

- 40.1. Generalidades. Introducción de la seguridad.
- 40.2. Estados límites últimos.
- 40.3. Estados límites de utilización.
- 40.4. Fases de comprobación.

Artículo 41. *Coefficientes de seguridad.*

Artículo 42. *Establecimiento de acciones de cálculo e hipótesis de carga más desfavorables.*

Artículo 43. *Comprobaciones que deben realizarse.*

Artículo 44. *Consideraciones sobre las acciones de carácter extraordinario.*

Capítulo VII. *Cálculo relativo al estado límite de equilibrio.*

Artículo 45. *Comprobaciones relativas al estado límite de equilibrio.*

Capítulo VIII. *Cálculos relativos a los estados límites de agotamiento.*

Artículo 46. *Obtención de los efectos de las acciones.*

- 46.1. Acciones directas.
- 46.2. Acciones indirectas.
- 46.3. Acciones debidas al pretensado.
- 46.4. Acciones debidas al proceso constructivo.
- 46.5. Datos generales para el cálculo de solicitaciones.

Artículo 47. *Cálculo resistente de secciones sometidas a solicitaciones normales.*

47.1. *Definición de la sección.*

- 47.1.1. Dimensiones de la sección.
- 47.1.2. Sección resistente.

- 47.2. Principios generales de cálculo.
- 47.3. Definición del estado límite de agotamiento.
- 47.4. Comprobación de una sección.
- 47.5. Excentricidad mínima.
- 47.6. Caso de armaduras activas no adherentes.
- 47.7. Método simplificado de cálculo.
- 47.8. Disposiciones relativas a las armaduras.

Artículo 48. *Cálculo resistente de secciones sometidas a solicitaciones tangentes.*

- 48.1. Resistencia a esfuerzo cortante.
- 48.1.1. Consideraciones generales.
- 48.1.2. Regla de cosido.
- 48.1.3. Resistencia a esfuerzo cortante de elementos lineales.
- 48.1.3.1. Definición de la sección.
- 48.1.3.2. Esfuerzo cortante reducido.
- 48.1.3.3. Definición de las zonas de comprobación.
- 48.1.3.4. Comprobaciones que hay que realizar.
- 48.1.3.4.1. Obtención de  $V_{ul}$ .
- 48.1.3.4.2. Obtención de  $V_{ed}$ .
- 48.1.3.4.3. Casos especiales de carga.
- 48.1.3.5. Disposiciones relativas a las armaduras.
- 48.1.3.5.1. Armaduras transversales.
- 48.1.3.5.2. Armaduras longitudinales.
- 48.1.3.6. Unión de las alas de una viga con el alma.
- 48.1.3.7. Caso de secciones mixtas.
- 48.1.4. Resistencia a esfuerzo cortante de placas y losas.
- 48.1.4.1. Sección resistente.
- 48.1.4.2. Comprobaciones que hay que realizar.
- 48.1.4.2.1. Obtención de  $V_{ul}$ .
- 48.1.4.2.2. Obtención de  $V_{ed}$ .
- 48.1.4.3. Disposiciones relativas a las armaduras.
- 48.1.4.3.1. Armaduras transversales.
- 48.1.4.3.2. Armaduras longitudinales.
- 48.2. Torsión.
- 48.2.1. Generalidades.
- 48.2.2. Comprobaciones relativas al hormigón.
- 48.2.3. Comprobaciones relativas a la armadura.
- 48.2.4. Torsión y flexión.

Capítulo IX. Estado límite último de pandeo.

Artículo 49. *Estado límite último de pandeo.*

Capítulo X. Cálculos relativos a los estados límites de fisuración.

Artículo 50. *Obtención de los efectos de las acciones.*

- 50.1. Consideraciones generales.
- 50.2. Acciones directas.
- 50.3. Acciones indirectas.
- 50.4. Acciones debidas al pretensado.

Artículo 51. *Fisuración por solicitaciones normales.*

- 51.1. Consideraciones generales.
- 51.2. Definición de la sección.
- 51.2.1. Dimensiones de la sección.
- 51.2.2. Sección bruta.
- 51.2.3. Sección neta.
- 51.2.4. Sección homogeneizada.
- 51.2.5. Sección eficaz.
- 51.3. Cuantía mínima de armaduras longitudinales.
- 51.4. Estado límite de descompresión.
- 51.5. Estado límite de aparición de fisuras.
- 51.5.1. Aparición de fisuras por tracción.
- 51.5.2. Aparición de fisuras por compresión.
- 51.5.3. Estructuras que no sean lineales ni superficiales planas.
- 51.6. Estado límite de fisuración controlada.

Artículo 52. *Limitación de la fisuración por esfuerzo cortante.*

Artículo 53. *Limitación de la fisuración por torsión.*

Capítulo XI. Cálculo relativo al estado límite de deformación.

Artículo 54. *Consideraciones generales.*

Artículo 55. *Elementos solicitados a flexión.*

- 55.1. Cálculo de flechas bajo cargas de corta duración.
- 55.2. Cálculo de flechas bajo cargas de larga duración.

Artículo 56. *Elementos solicitados a torsión.*

Capítulo XII. Zonas de anclaje.

Artículo 57. *Generalidades.*

- 57.1. Armaduras pretesas.
- 57.2. Armaduras postesas.

Capítulo XIII. Elementos estructurales.

Artículo 58. *Forjados de edificación unidireccionales con elementos prefabricados de hormigón pretensado.*

- 58.1. Tipos de forjados.
- 58.2. Condiciones para las viguetas y semiviguetas.
- 58.3. Condiciones para las piezas de entrevigado.
- 58.4. Condiciones para los forjados.
- 58.5. Cálculo de los forjados.

TITULO 3.º DEL CONTROL

Capítulo XIV. Control de materiales.

Artículo 59. *Control de calidad.*

Artículo 60. *Control de los componentes del hormigón.*

- 60.1. Cemento.
- 60.2. Agua de amasado.
- 60.3. Aridos.
- 60.4. Aditivos.

Artículo 61. *Control de la calidad del hormigón.*

Artículo 62. *Control de la consistencia del hormigón.*

Artículo 63. *Control de la resistencia del hormigón.*

Artículo 64. *Ensayos previos del hormigón.*

Artículo 65. *Ensayos característicos del hormigón.*

Artículo 66. *Ensayos de control del hormigón.*

- 66.1. Generalidades.
- 66.2. Control total (control al 100 por 100).
- 66.3. Control estadístico del hormigón.
- 66.3.1. Ensayos de control a nivel normal.
- 66.3.2. Ensayos de control a nivel intenso.
- 66.4. Decisiones derivadas del control de resistencia.

Artículo 67. *Ensayos de información del hormigón.*

Artículo 68. *Control de la calidad del acero.*

- 68.1. Generalidades.
- 68.2. Control a nivel normal.
- 68.3. Control a nivel intenso.
- 68.4. Ensayo de aptitud al soldeo en obra, para armaduras pasivas.

Artículo 69. *Control de dispositivos del anclaje y empalme de las armaduras postesas.*

Artículo 70. *Control de las vainas y accesorios para armaduras de pretensado.*

Artículo 71. *Control de los equipos de tesado.*

Artículo 72. *Control de los productos de inyección.*

Capítulo XV. Control de la ejecución.

Artículo 73. *Control de la ejecución.*

- 73.1. Generalidades.
- 73.2. Control de ejecución a nivel normal.
- 73.3. Control de ejecución a nivel intenso.

Artículo 74. *Control del tesado de las armaduras activas.*

Artículo 75. *Control de ejecución de la inyección.*

Artículo 76. *Pruebas de la obra.*

- 76.1. Generalidades.
- 76.2. Realización de pruebas de carga.
- 76.3. Forma de realizar las pruebas de carga.
- 76.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de carga.

PARTE II. ANEJOS

Anejo 1. *Notación.*

Anejo 2. *Definiciones.*

Anejo 3. *Métodos de ensayo.*

Métodos de ensayo para la determinación de las características de adherencia de las armaduras de pretensado.

Método de ensayo para la determinación de cloruros en cemento y áridos para la construcción.  
Método de ensayo para determinar la estabilidad de la inyección.

CAPITULO I

Introducción

ARTICULO 1.º CAMPO DE APLICACION DE LA INSTRUCCION

La presente Instrucción es aplicable a las estructuras o elementos estructurales de hormigón pretensado, fabricados con materiales que cumplan las condiciones indicadas en la misma y en los que las acciones de pretensado se introduzcan mediante el empleo de armaduras activas de acero.

Expresamente se excluyen del campo de aplicación de esta Instrucción:

- las estructuras realizadas con hormigones ligeros, pesados o refractarios;
- las que hayan de estar expuestas normalmente a temperaturas superiores a 70° C;
- las estructuras mixtas de hormigón pretensado y perfiles de acero; las de hormigón y cerámica pretensados y, en general, las mixtas de hormigón pretensado y otro material, de distinta naturaleza, con función resistente.

El autor del proyecto y el director de la obra, están obligados a conocer y tener en cuenta las prescripciones de la presente Instrucción pero pueden, bajo su personal responsabilidad, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc., diferentes.

COMENTARIOS

Las acciones de pretensado, según se indica en el artículo, se introducen mediante unas armaduras, constituidas por aceros de alta resistencia, que se denominan «armaduras activas» y que van asociadas a otras llamadas «pasivas» que son las armaduras habituales del hormigón armado.

Si para la introducción de las acciones de pretensado se utilizan métodos especiales tales como cementos expansivos, gatos planos, descenso de apoyos, etc., es decir, distintos de los indicados en el párrafo anterior, las prescripciones de la presente Instrucción no pueden ser aplicadas sin restricciones. Hay que tener presente que, en estos casos, tiene especial importancia la variación con el tiempo de los esfuerzos introducidos, habida cuenta de los efectos de retracción y fluencia del hormigón.

El Comité Europeo del Hormigón en fase de estudio, define los hormigones de acuerdo con su peso específico en:

Hormigones	Peso específico
Normales ... ..	De 2.000 a 2.800 kg/m <sup>3</sup>
Ligeros ... ..	De 1.200 a 2.000 kg/m <sup>3</sup>
Pesados ... ..	Superiores a 2.800 kg/m <sup>3</sup>

Dado que las características de los hormigones ligeros, pesados y refractarios, son distintas de las de los hormigones ordinarios, el empleo de los mismos requiere prescripciones específicas que deberán ser objeto de normativas especiales.

El efecto perjudicial de las temperaturas elevadas es, en general, más acusado en ambientes secos que en ambientes húmedos. El valor límite de setenta grados centígrados establecido por la Instrucción resulta, en todos los casos, suficientemente seguro. Si la temperatura excede de dicho límite, se deberá recurrir a la consulta de textos especializados y adoptar las medidas oportunas.

En obras especiales tales como obras marítimas, reactores nucleares, etc., se adoptarán las medidas derivadas de las características de la propia obra y de su utilización.

Las estructuras mixtas exigen el empleo de técnicas especiales y métodos de cálculo específico. Por ello no se incluyen dichas estructuras en el campo de aplicación de esta Instrucción.

ARTICULO 2.º DEFINICIONES

Estructura o elemento de hormigón pretensado es aquel que se somete, antes de su puesta en servicio, a acciones de pretensado, permanentes y creadas artificialmente, que se com-

ponen con las acciones directas o indirectas que puedan actuar, originando estados tensionales y de deformación compatibles con los estados límites establecidos.

En el hormigón pretensado con armaduras pretesas, el hormigón se efectúa después de haber tesado y anclado provisionalmente las armaduras sobre una base fija. Cuando el hormigón ha fraguado y adquirido la suficiente resistencia, se destesan las armaduras liberándolas de sus anclajes provisionales y, por adherencia, se transmite al hormigón la fuerza previa introducida en dichas armaduras.

En el hormigón pretensado con armaduras postesas, se hormigona primero la pieza, disponiendo en ella conductos o vainas para alojar las armaduras activas, que se tesan y anclan cuando el hormigón ha adquirido la resistencia suficiente.

En cualquiera de los dos casos, se hablará siempre de piezas de hormigón pretensado. Y cuando se necesite o se desee aclarar cuál de los dos procedimientos descritos ha sido utilizado en su construcción se añadirá «con armaduras pretesas» en el primero y «con armaduras postesas» en el segundo.

Los términos y vocablos de significación dudosa o poco conocida que aparecen a lo largo de la Instrucción, se interpretarán con el significado que se le asigna en el Anejo 2.

COMENTARIOS

No debe, por tanto, como con frecuencia ocurre, utilizarse la expresión «hormigón pretensado» para designar únicamente los elementos construidos por el primer procedimiento. En ningún caso es correcto utilizar las expresiones hormigón pretesado, hormigón postesado ni hormigón postensado.

El verbo «tesar» (poner en tracción), sus adjetivos «teso» y «tesa» y las voces derivadas sólo son aplicables a las armaduras.

ARTICULO 3.º ESTADOS LIMITES

3.1. Generalidades

Se denomina «estado límite» a cualquier situación que, al ser alcanzada por una estructura o parte de ella, la pone fuera de servicio, es decir, en condiciones tales que deja de cumplir alguna de las funciones para las que fue proyectada.

Los estados límites se clasifican en dos categorías:

- a) estados límites últimos, que corresponden al colapso total o parcial de la estructura; y
- b) estados límites de utilización (o de servicio), que vienen definidos por los requisitos funcionales y de durabilidad que deba cumplir la obra en servicio.

En general, los estados límites últimos son los mismos para todos los tipos de estructuras y materiales. Mientras que por el contrario, los estados límites de utilización difieren, en general, según el tipo de estructura y material, siendo específicos del hormigón los que se relacionan con el fenómeno de fisuración.

COMENTARIOS

Como ejemplos de estado límites últimos pueden citarse: pérdida de equilibrio, rotura de secciones, pandeo, etc.

Como ejemplos de estados límites de utilización pueden citarse: deformaciones excesivas, vibraciones excesivas, fisuración excesiva, etc.

3.2. Estados límites de utilización peculiares del hormigón pretensado

La posibilidad de controlar la eventual fisuración del hormigón, característica fundamental del pretensado, permite distinguir en las estructuras pretensadas, los siguientes estados límites de utilización:

- estado límite de descompresión, caracterizado por la reducción a valor nulo de las compresiones en las fibras extremas de una sección;
- estado límite de aparición de fisuras, caracterizado por el hecho de alcanzarse la deformación de rotura por tracción en una de las fibras extremas de una sección;
- estado límite de fisuración controlada, caracterizado por el hecho de que la abertura máxima de las fisuras en una pieza alcance un determinado valor límite, función de las condiciones ambientales en que tal pieza se encuentre.

## COMENTARIOS

## ARTICULO 4.º CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS PRETENSADAS, SEGUN SU UTILIZACION

Los elementos estructurales pretensados, con arreglo a los requisitos funcionales y de durabilidad que deban cumplir, pueden agruparse en tres clases, cada una de las cuales viene caracterizada por determinadas condiciones relativas a los tres estados límites de utilización definidos en el artículo anterior.

## CLASE I

- Corresponde a los elementos cuyas condiciones de utilización exigen una ausencia de fisuración.

## CLASE II

- Corresponde a los elementos cuyas condiciones de utilización permiten admitir un cierto riesgo de fisuración en determinadas condiciones.

## CLASE III

- Corresponde a los elementos cuyas condiciones de utilización permiten admitir una fisuración de amplitud controlada.

A falta de disposiciones generales o particulares que fijen la clase en que deba proyectarse un elemento estructural, se justificará en la Memoria la clase que se adopta.

## COMENTARIOS

En general, hay algunos tipos de estructuras que pueden considerarse propios de cada una de las tres clases mencionadas en el artículo que se comenta. Como ejemplos pueden citarse, en la Clase I, las obras situadas en ambientes muy corrosivos; las sometidas a cargas dinámicas de considerable magnitud; las sometidas a cargas alternativas capaces de originar fenómenos de fatiga, y aquellas en las que la impermeabilidad se confie al hormigón. En la Clase II, aquellas estructuras situadas a la intemperie, en las que las sobrecargas capaces de producir la fisuración actúan con poca frecuencia y durante breves periodos, de tal forma que dicha fisuración sólo tiene un carácter transitorio y de escasa ocurrencia. Y en la Clase III, en general, las estructuras no sometidas a ambientes corrosivos.

La comprobación de una clase superior exige de la comprobación de las clases inferiores.

## ARTICULO 5.º UNIDADES, CONVENCION DE SIGNOS Y NOTACION

Las unidades adoptadas en la presente Instrucción corresponden a las del sistema Metro, Kilopondio y Segundo.

La convención de signos y notación utilizadas se adaptan a las normas generales al efecto establecidas por el Comité Mixto CEB-FIP (Comité Europeo del Hormigón-Federación Internacional del Pretensado).

En el Anejo I se incluye la notación más frecuentemente utilizada en esta Instrucción.

## COMENTARIOS

El sistema de unidades mencionado en el artículo, se admite con carácter transitorio en tanto no se establezca reglamentariamente el empleo del «Sistema Internacional de Unidades de Medida, S. I.» declarado de uso Legal en España por la Ley de Pesas y Medidas 88/67 de 8 de noviembre de 1967 («B.O.E.» del 10-11-67) y Decreto 1257/1964 («B.O.E.», 8-5-74).

La correspondencia entre las unidades del sistema Metro-Kilopondio-Segundo y las del Sistema Internacional S. I. es la siguiente:

## e) Kilopondio-Newton

$$1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

e inversamente,

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp} \approx 0,1 \text{ kp}$$

## b) Kilopondio por centímetro cuadrado - Newton por milímetro cuadrado

$$1 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2} = 0,098 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 0,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

e inversamente,

$$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 10,2 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \approx 10 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Las unidades prácticas recomendadas en el sistema S. I. son las siguientes:

- para resistencias y tensiones:  $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{MPa}$
- para fuerzas:  $\text{kN}$
- para fuerzas por unidad de longitud:  $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$
- para fuerzas por unidad de superficie:  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- para fuerzas por unidad de volumen:  $\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
- para momentos:  $\text{kN.m}$

## ARTICULO 6.º DOCUMENTOS DEL PROYECTO

## 6.1. Generalidades

En las obras que contrate o ejecute el Estado o sus Organismos autónomos se estará a lo dispuesto en el texto articulado de la Ley de Contratos del Estado aprobado por Decreto 923/1965 de 8 de abril («B.O.E.», 23-4-65), en la Ley 5/1973 de 17 de marzo sobre Modificación Parcial de la anterior («B.O.E.», 21-3-73), en el Reglamento General de Contratación del Estado aprobado por Decreto 3410/1975, de 25 de noviembre («B.O.E.», 27 y 29-12-75) y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de obras del Estado aprobado por Decreto 3854/1970 de 31 de diciembre («B.O.E.», 16-2-71).

Todo proyecto que se refiera a obras de primer establecimiento, de reforma o de gran reparación comprenderá como mínimo:

- Memoria, que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de todo orden a tener en cuenta.
- Planos, de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.
- Pliego de prescripciones técnicas particulares donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución.
- Presupuesto integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios descompuestos, estados de cubicaciones o mediciones y los detalles precisos para su valoración.
- Programa del posible desarrollo de los trabajos, en tiempo y coste óptimo, de carácter indicativo.

En el caso de las obras del Estado o de sus Organismos autónomos el proyecto deberá contener los cuatro primeros documentos citados cualquiera que sea su cuantía y el quinto cuando ésta sea superior a cinco millones de pesetas. También deberá comprender, en este último caso, los restantes documentos a que hace referencia el apartado B) del artículo 22 de la Modificación parcial de la Ley de Contratos del Estado.

En los casos de proyectos de «Obras de reparación menores» y de «Obras de conservación», el proyectista podrá simplificar los documentos relacionados, tanto en su número como en su contenido, siempre que la obra quede totalmente definida y justificada en todas sus partes y en su valor. En todos los casos los distintos documentos que en su conjunto constituyan un Anteproyecto, Estudio o Proyecto de cualquier clase deberán estar definidos en forma tal que otro facultativo distinto del autor de aquél con la misma titulación profesional, pueda interpretar o dirigir con arreglo al mismo los trabajos correspondientes.

## COMENTARIOS

## 6.2. Memoria

## 6.2.1. Normas generales

Serán factores a considerar en la Memoria los sociales, económicos y estéticos, así como las justificaciones de la solución adoptada, en sus aspectos técnico y económico y de las características, de todas y cada una de las obras proyectadas. Se indicarán en ella los datos previos, clase adoptada para los distintos elementos (art. 4.º), métodos de cálculo, niveles de control previstos y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollo se incluirán en anejos separados. También figurarán en otros anejos: el estudio del terreno de cimentación, los materiales y los ensayos realizados con los mismos, la justificación del cálculo de los precios adoptados, las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas y el presupuesto de las obras y el importe previsible de las expropiaciones necesarias y de restablecimiento de servicios y servidumbres afectados, en su caso.

En el caso de obras que contrate o ejecute el Estado o sus Organismos autónomos la Memoria considerará también los factores administrativos y el presupuesto para conocimiento de la Administración, obtenido añadiendo al presupuesto de las obras, además de los conceptos expresados en el párrafo anterior, la suma de los gastos correspondientes al estudio y elaboración del proyecto, incluso honorarios reglamentarios cuando procedan. También incluirá la manifestación expresa y justificada a que se refiere el segundo párrafo del artículo 64 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

## COMENTARIOS

## 6.2.2. Anejo de cálculo

En todo caso deberá redactarse un Anejo de Cálculo, en donde se justifique y razone con arreglo a las normas prescritas en esta Instrucción, tanto las dimensiones de los distintos elementos como el cumplimiento de las condiciones de estabilidad, resistencia, etc., de la estructura en su conjunto y de cada una de las partes en que puede suponerse dividida, con objeto de asegurar el buen servicio de la misma.

La exposición de estos cálculos se hará en forma clara y precisa, con el fin de facilitar su ulterior revisión. A tal efecto:

- se recomienda utilizar precisamente la notación adoptada en esa Instrucción; completándola, cuando resulta insuficiente, con símbolos que observen las reglas generales dadas en el Anejo I de la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de las obras de hormigón en masa o armado». Estos símbolos adicionales serán los únicos cuyo significado habrá que explicar en el Anejo de Cálculo;
- se incluirán las indicaciones necesarias para identificar el elemento que se calcula, mediante las oportunas referencias a los planos o a los croquis suplementarios;
- se especificará el origen y la naturaleza de las cargas, así como de cualquier valor introducido como resultado de cálculos precedentes;
- se incluirán los datos de partida utilizados en el cálculo en relación con los materiales y sistemas de pretensado (relajación del acero, coeficientes de rozamiento, penetración de cuñas, etc.).

Los cálculos podrán ser completados en mayor o menor grado por estudios experimentales sobre modelo, realizados de acuerdo con técnicas apropiadas y por personal especializado. En este caso, se detallarán dichos estudios en el anejo correspondiente.

## COMENTARIOS

Los niveles de control elegidos influyen en el valor de los coeficientes de seguridad a considerar en el cálculo; por lo que deben justificarse su adopción y viabilidad.

Es absolutamente preciso que los cálculos estén claramente expuestos y ordenados para hacer posible su confrontación y revisión. Si no se dispone de una máquina de escribir que contenga los signos necesarios es preferible, para evitar confusiones, presentar los Anejos de Cálculo escritos a mano, con letra clara.

## 6.2.3. Cálculos en ordenador

Cuando se efectúen los cálculos con ayuda de ordenadores se recomienda separar en anejos especiales cada una de las

etapas del cálculo resuelto con ordenador, debiendo dichos anejos constituir por sí mismos unidades completas y ordenadas.

Cada anejo deberá contener en sus hojas iniciales:

- Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real al asimilarla a otra apta para su tratamiento en ordenador; la posible repercusión de dichas simplificaciones en los resultados; y las correcciones que deban efectuarse en los mismos, en su caso, para tener en cuenta estos efectos.
- Las propiedades supuestas para los materiales, como diagramas tensión-deformación, módulos de elasticidad, resistencias y tensiones admisibles, coeficientes de retracción, fluencia y térmicos, capacidad de carga y deformabilidad del terreno, etc.
- La descripción detallada de la estructura ideal calculada, acompañada de croquis siempre que sea conveniente, incluyendo dimensiones, áreas e inercias de las secciones necesarias, tipos de conexiones en los nudos y condiciones de sustentación.
- Las acciones consideradas, las posibles combinaciones y los coeficientes de seguridad a tener en cuenta en cada caso.
- Cualquier otro dato incluido en el cálculo, especificando siempre unidades y signos.
- Nombre del programa; tipo de ordenador y centro de cálculo utilizado.
- Método de cálculo utilizado en el programa y especialmente las bases del mismo y sus posibles simplificaciones, indicando referencias y las publicaciones consultadas si la formulación y la marcha del cálculo no son habituales.
- Métodos, aproximaciones y simplificaciones empleados en la programación.
- Resultados del cálculo, especificando unidades y signos.
- Análisis de dichos resultados, acompañando siempre que sea conveniente diagramas de esfuerzos o tensiones, e incluyendo, si es posible, la comprobación con resultados obtenidos por métodos simplificados.
- Utilización posterior de los resultados, en especial correcciones efectuadas sobre los mismos y obtención, a partir de ellos, de otros resultados que vayan a emplearse posteriormente.

## COMENTARIOS

## 6.3. Planos

Los planos deberán ser lo suficientemente descriptivos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos deberán poderse deducir también de ellos los planos auxiliares de obra o de taller y para que puedan deducirse de ellos las mediciones que sirvan de base para las valoraciones pertinentes.

Las dimensiones en todos los planos se acotarán en metros y con dos cifras decimales, por lo menos. Como excepción los diámetros de armaduras, tuberías, etc., se expresarán en milímetros, colocando detrás del símbolo  $\varnothing$  la cifra que corresponda.

Deberán poder efectuarse salvo en casos especiales las mediciones de todos los elementos sin utilizar más dimensiones que las acotadas. En particular, de no incluirse despiece detallado de las armaduras, deberán poder deducirse directamente de los planos todas las dimensiones geométricas de las mismas, mediante las oportunas notas o especificaciones complementarias que las definan inequívocamente.

Contendrán, en su caso, detalles de los dispositivos especiales, tales como los de apoyo o de enlace.

Igualmente, cuando proceda, se harán indicaciones sobre las contraflechas que convenga establecer en los encofrados y proceso de ejecución.

Por último, en cada plano figurará, en la zona inferior derecha del mismo un cuadro con las características resistentes del hormigón, y de los aceros empleados en los elementos que este plano define, así como los niveles de control previstos y el programa de tesado (véase 20.7.2 Programa de tesado).

Corresponde al Proyectista fijar la resistencia mínima que debe poseer el hormigón de la pieza en el momento del tesado y anclaje de las armaduras, así como las tensiones máximas admisibles en dicho hormigón, en las diferentes etapas del proceso de tesado.

## COMENTARIOS

Las prescripciones incluidas acerca de la unidad en que deben expresarse las cotas, tienden a facilitar la rápida com-

presión de los planos, así como a simplificar el trabajo de delineación, ya que permiten prescindir de las indicaciones m, cm, etc.

Cuando se deba acotar un número exacto de metros deberá escribirse, de acuerdo con lo prescrito en el apartado que se comenta, la cifra correspondiente seguida de coma y dos ceros.

Se emplea el símbolo  $\varnothing$  para designar el diámetro de una barra corrugada y el símbolo  $\emptyset$  para el diámetro de un tendón cuando el símbolo genérico  $\varnothing$  pudiera dar lugar a confusión.

#### 6.4. Pliego de prescripciones Técnicas Particulares

A los efectos de regular la ejecución de las obras, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá consignar expresamente o por referencia a los pliegos de prescripciones técnicas generales que resulten de aplicación, las características que hayan de reunir los materiales a emplear, especificando, si se juzga oportuno, la procedencia de los materiales naturales, cuando ésta defina una característica de los mismos, y ensayos a que deben someterse para comprobación de las condiciones que han de cumplir; las normas para elaboración de las distintas unidades de obra; las instalaciones que hayan de exigirse; las precauciones que deban adoptarse durante la construcción; y los niveles de control exigidos para los materiales y ejecución. En ningún caso contendrán estos pliegos declaraciones o cláusulas de carácter económico que deban figurar en el Pliego de Cláusulas Administrativas. En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá, específicamente, los siguientes datos relativos a los materiales que habrán de utilizarse en obra:

- Tipo, clase y categoría del cemento.
- Tipos de acero, tanto para armaduras activas como pasivas.
- Resistencia especificada para el hormigón.

Si, como es frecuente, para una misma obra se prevén distintos tipos de un mismo material, se detallarán separadamente cada uno de ellos, indicándose las zonas en que habrán de ser empleados.

Cuando para un material se exijan características especiales cuya determinación haya de hacerse mediante métodos de ensayo no incluidos en la presente Instrucción, este Pliego deberá fijar, de un modo concreto, los valores que deben alcanzar dichas características y los procedimientos de ensayo que hayan de seguirse para medirlos.

Cuando el proceso de ejecución de la obra requiera condiciones especiales, éstas deberán detallarse al máximo, indicándose entre ellas:

- disposición de cimbras y encofrados, cuando no sean los usuales;
- proceso de hormigonado, con especial referencia a las juntas (de retracción, de hormigonado, etc.);
- proceso de tesado e inyección;
- proceso de desencofrado y descimbramiento;
- tolerancias dimensionales.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá recomendar, cuando lo estime oportuno, que en el lugar adecuado de la obra se coloque una placa que indique el valor máximo de la carga para la cual se propone la utilización de la estructura. La colocación de la citada placa puede resultar oportuna en obras en las que convenga llamar la atención de los usuarios sobre la magnitud de las cargas, de forma análoga a como se hace en ascensores, por ejemplo.

Igualmente detallará las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas, establecerá el plazo de garantía y especificará las normas y pruebas previstas para las recepciones.

#### COMENTARIOS

En cuanto a las prescripciones técnicas de ejecución bastará, normalmente, con hacer referencia a los correspondientes artículos de la presente Instrucción, completándolos cuando sea necesario con aquellas condiciones particulares que se estime oportuno establecer. Bien entendido que, en ningún caso, dichas condiciones particulares podrán resultar incompatibles con lo prescrito en esta Instrucción, salvo clara, razonada y excepcional justificación.

Las tolerancias dimensionales deberán ser compatibles con las condiciones de ejecución previstas.

#### 6.5. Presupuesto

El Presupuesto estará integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios descompuestos, estados de cubicaciones o mediciones y los detalles precisos para su valoración.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se basará en la determinación de los costes directos o indirectos precisos para su ejecución.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Se considerarán costes indirectos: los gastos de instalación de oficinas a pies de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra, y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquellos que figuran en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el técnico autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su posible plazo de ejecución.

En particular deberá figurar de forma explícita el coste del control, obtenido de acuerdo con los niveles adoptados para el mismo.

Se denominará presupuesto de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario, y de las partidas alzadas.

En el caso de obras del Estado o de sus Organismos autónomos, se tendrán en cuenta, además, las normas complementarias de aplicación al cálculo de los precios unitarios que para los distintos proyectos elaborados por sus servicios haya dictado cada Departamento Ministerial al amparo de lo dispuesto en el último párrafo del artículo 87 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

Asimismo, para tales obras del Estado o de sus Organismos autónomos el presupuesto de ejecución por contrata y en su caso el de ejecución de la obra directamente por la Administración cuando se prevea la adopción de este sistema, se obtendrá de la forma que indica el artículo 68 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

#### COMENTARIOS

Se recomienda realizar las mediciones expresando: las excavaciones y rellenos, en metros cúbicos; los encofrados en metros cuadrados; los hormigones en metros cúbicos; las armaduras activas y pasivas en kilogramos y, en la unidad que convenga, los anclajes vainas, lechadas de inyección y demás unidades específicas de la técnica del pretensado, así como las cimbras o elementos auxiliares que se requieran, de acuerdo con el proceso de construcción previsto.

El incluir por separado y con sus precios independientes el hormigón, el acero, las excavaciones y las cimbras, permite darse cuenta de la importancia relativa del coste de cada uno de estos elementos; y, sobre todo, permite valorar justamente cualquier modificación que pueda introducirse después en los volúmenes de las distintas unidades de obra.

Siempre que la legislación aplicable lo permita conviene que el coste del control figure separadamente en el presupuesto. Si se recurre a un organismo de control, la selección del mismo debe efectuarse con el acuerdo del Director de la obra. Se recomienda que el abono del control no se efectúe a través del constructor.

#### 6.6. Programa de trabajo

El programa de trabajo especificará los plazos en los que deberán ser ejecutadas las distintas partes fundamentales en

que pueda descomponerse la obra, determinándose los importes que corresponderá abonar al término de cada uno de aquéllos.

#### COMENTARIOS

##### 6.7. Modificaciones del proyecto

En los casos en que el proyecto experimente modificaciones a lo largo de la ejecución de la obra, se rectificarán convenientemente cuantas veces sea necesario los cálculos, planos y demás documentos afectados por esas modificaciones, de tal manera que la obra terminada resulte exactamente definida en los documentos rectificadas finales.

En el caso de obras del Estado o de sus Organismos autónomos se tendrá en cuenta, por lo que se refiere a las modificaciones de las obras, todo lo dispuesto en los artículos 48, 49 y 50 de la Ley de Contratos del Estado, el primero de los cuales se modificó por la Ley 5/1973 de 17 de marzo; en los artículos 146 a 155 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado; y en las cláusulas 26 y 50 a 62 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la contratación de obras del Estado.

#### COMENTARIOS

Siempre que se haga una modificación sobre un plano, deberá estamparse la mención «anulado» en las copias anteriores, anotando en el plano rectificado la fecha de su expedición y la referencia del plano.

Se conservará una copia, al menos, de cada uno de los sucesivos planos; pero en obra, para evitar confusiones, se retirarán, o mejor aún, se destruirán las copias afectadas por la modificación y que quedan sustituidas por los planos rectificadas.

##### 6.8. Aplicación preferente de la legislación de contratos del Estado

En caso de presentarse en el futuro cualquier conflicto o dificultad motivado por diferencias o posibles discrepancias entre los textos de la vigente legislación de contratos del Estado y el de la Instrucción, que puedan dar lugar a interpretaciones distintas o a colisión de disposiciones, se entenderá que prevalece siempre el texto de la referida legislación de contratos.

#### COMENTARIOS

### TITULO 1.º

#### De la realización de la obra

#### CAPITULO II

#### Materiales

#### ARTICULO 7.º CEMENTO

##### 7.1. Cementos utilizables

Podrá utilizarse cualquier tipo de cemento portland o puzolánico, con tal de que sea de una categoría no inferior a la 350 y satisfaga las condiciones que se prescriben en el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos.

El contenido de ion  $Cl^-$  en el cemento, determinado con arreglo al método de ensayo descrito en el Anejo n.º 3 deberá limitarse a un máximo de 0,03 en peso.

No se utilizará el cemento aluminoso para elementos pretensados; y el empleo de cemento tipo siderúrgico deberá ser objeto, en cada caso, de justificación especial.

El cemento utilizado será capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que al mismo se exigen en el artículo 11.

En los documentos de origen figurarán el tipo, clase y categoría a que pertenece el cemento, así como la garantía del fabricante de que el cemento cumple las condiciones exigidas por el Pliego.

El fabricante enviará, si se le solicita, copia de los resultados de los análisis y ensayos correspondientes a la partida servida.

#### COMENTARIOS

Se limita el contenido de ion  $Cl^-$  en el cemento, porque tal ion es muy perjudicial desde el punto de vista de la corrosión de las armaduras.

La presencia de sulfuros en las escorias utilizadas en la preparación de los cementos siderúrgicos, podría contribuir en circunstancias especiales y no fácilmente previsibles, a la fragilización por hidrógeno de las armaduras de pretensado. Por ello se llama la atención sobre el empleo de este tipo de cemento, ya que en estos momentos no se puede establecer una limitación en lo que se refiere al contenido en sulfuros por ser un tema actualmente en fase de investigación.

En general, y de un modo especial en el caso de que vaya a utilizarse en la construcción de elementos prefabricados, resulta conveniente que el cemento posea las características adecuadas para que pueda ser sometido a tratamiento higrótico, u otro análogo, con el fin de conseguir un rápido fraguado y endurecimiento.

##### 7.2. Suministro y almacenamiento

El cemento no llegará a obra excesivamente caliente. Se recomienda que si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no exceda de 70 grados centígrados; y si se va a realizar a mano, no exceda del mayor de los dos límites siguientes:

- a) cuarenta grados centígrados;
- b) temperatura ambiente más cinco grados centígrados.

De no cumplirse los límites citados, deberá comprobarse, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presenta tendencia a experimentar falso fraguado.

Quando el suministro se realice en sacos, el cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fue expedido de fábrica y se almacenará en sitio ventilado y defendido, tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes. Si el suministro se realiza a granel, el almacenamiento se llevará a cabo en silos o recipientes que los aislen de la humedad.

Si el periodo de almacenamiento ha sido superior a un mes, se comprobará que las características del cemento continúan siendo adecuadas. Para ello, dentro de los veinte días anteriores a su empleo, se realizarán los ensayos de fraguado y resistencias mecánicas a tres y siete sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que hayan podido formarse.

De cualquier modo, salvo en los casos en que el nuevo periodo de fraguado resulte incompatible con las condiciones particulares de la obra, la sanción definitiva acerca de la idoneidad del cemento en el momento de su utilización vendrá dada por los resultados que se obtengan al determinar, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 64 la resistencia mecánica a veintiocho días del hormigón con él fabricado.

#### COMENTARIOS

Aun en los casos en que las condiciones de conservación sean excelentes, un periodo de almacenamiento prolongado suele originar caídas de resistencia en el cemento, así como un aumento del tiempo de fraguado; de ahí los ensayos que se prescriben.

Si los resultados del ensayo de fraguado son compatibles con las condiciones particulares de la obra (lo que puede no ocurrir si son de tener heladas, por ejemplo), podrá seguir utilizándose el cemento con tal de que sea posible compensar su caída de resistencia con una dosificación más rica de conglomerantes en el hormigón. Este aumento de dosificación, no obstante, vendrá limitado por la cifra máxima de 400 kg/m<sup>3</sup> prescrita con carácter general en el artículo 21 o, eventualmente, por otra más estricta que pueda figurar en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Para establecer la nueva dosificación resultan muy útiles los resultados de los ensayos de resistencia prescritos, ya que, en general, el porcentaje de caída de resistencia del cemento a veintiocho días es aproximadamente el mismo que a siete días.

De esta manera podrá conseguirse, en muchos casos, que la resistencia del hormigón continúe siendo adecuada; lo cual constituye, en definitiva, el elemento de juicio determinante para dar o no validez al empleo del cemento en cuestión.

#### ARTICULO 8.º AGUA

En general podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Quando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo justifi-

cación especial de que no alteran perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan una o varias de las siguientes condiciones:

- exponente de hidrógeno pH (UNE 7234)  $\geq 5$
- sustancias disueltas (UNE 7130)  $\leq 15$  g/l (15.000 p.p.m)
- sulfatos, expresados en  $SO_4^{2-}$  (UNE 7131)  $\leq 1$  g/l (1.000 p.p.m)
- ion cloro,  $Cl^-$  (UNE 7178)  $\leq 0,25$  g/l (250 p.p.m)
- hidratos de carbono (UNE 7132) 0
- sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7235)  $\leq 15$  g/l (15.000 p.p.m)

realizándose la toma de muestras según la Norma UNE 7236 y los análisis por los métodos de las normas indicadas.

Expresamente se prohíbe el empleo de agua de mar.

COMENTARIOS

Resulta más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas en su curado que en su amasado.

Está comprobado que la utilización del agua de mar reduce la resistencia del hormigón (en un 15 por 100 aproximadamente).

La limitación del contenido máximo de cloruros expresados en ión cloro es una medida preventiva contra posibles acciones corrosivas sobre las armaduras, que pueden producir mermas en la sección de éstas, fisuraciones y disminución de adherencia.

Con cementos portland de la clase PY resistentes al yeso, el límite máximo para el contenido del ion sulfato puede elevarse a 5 gramos por litro (5.000 p.p.m).

En las sustancias orgánicas solubles en éter quedan incluidos no sólo los aceites y las grasas de cualquier origen, sino también otras sustancias que puedan afectar desfavorablemente al fraguado y al endurecimiento hidráulicos.

En obras ubicadas en ambientes muy secos, que favorecen la posible presencia de fenómenos expansivos de cristalización, resulta recomendable restringir aún más la limitación relativa a sustancias solubles.

ARTICULO 9.º ARIDOS

9.1. Generalidades

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exigen a éste en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones destinados al pretensado, pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas u otros minerales especiales adecuados a la función que ha de desempeñar el hormigón con ellos fabricado, y cuyo uso resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan o puedan contener piritas o cualquier otro tipo de sulfuros.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o en caso de duda, deberá comprobarse que cumplen las condiciones prescritas en 9.3.

Se entiende por «arena» o «árido fino», el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm. de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por «grava» o «árido grueso», el que resulta retenido por dicho tamiz; y por «árido total» (o simplemente «árido» cuando no haya lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

COMENTARIOS

Los áridos no deben ser activos frente al cemento, ni deben descomponerse por los agentes exteriores e que estarán sometidos en obra. Por tanto, no deben emplearse áridos tales como los procedentes de rocas blandas, friables, porosas, etc., ni los que contengan nódulos de piritas, de yeso, compuestos ferrosos, etcétera.

Entre los ensayos que se pueden realizar con los áridos, hay algunos de interés general; por ejemplo, el utilizado para determinar el contenido en materia orgánica, ya que ésta es siempre perjudicial para el fraguado y endurecimiento del hormigón.

En otros ensayos, el resultado es verdaderamente interesante sólo en un cierto número de casos, ya que su finalidad consiste en dar un índice del comportamiento del material en

circunstancias que, a pesar de ser relativamente frecuentes, no son comunes a todas las obras. Esto ocurre con la determinación de la pérdida de peso en solución de sulfato sódico o magnésico, cuyo principal objeto es conocer la resistencia, frente a la helada, del árido empleado en el hormigón.

Por último, hay pruebas de áridos que son específicas de un reducido número de obras: como el ensayo de desgaste en la máquina de «Los Angeles» que sólo se realiza, prácticamente, en construcciones sometidas a efectos de abrasión, como los pavimentos de carretera.

Las piritas, aun en pequeña cantidad, resultan muy peligrosas para el hormigón pues, por oxidación y posterior hidratación, se transforman en ácido sulfúrico y óxido de hierro hidratado, con gran aumento de volumen.

Quedan excluidas las escorias siderúrgicas porque pueden contener sulfuros.

Debe tenerse en cuenta que existen áridos dolomíticos que reaccionan, perjudicialmente, con los álcalis del cemento.

9.2. Limitación de tamaño

Al menos el 90 por 100, en peso, del árido grueso será de tamaño inferior a la menor de las dos dimensiones siguientes:

- a) Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre éstas y el borde de la pieza, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón.
- b) La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona.

En ciertos elementos de pequeño espesor y previa justificación, el límite b) podrá elevarse al tercio de la mencionada dimensión mínima.

La totalidad de árido será de tamaño inferior al doble del menor de los dos límites a) y b) anteriores.

COMENTARIOS

Las piezas de ejecución muy cuidada (caso de prefabricación en taller) y aquellos elementos en los que el efecto pared del encofrado sea reducido (forjados que se encofran por una sola cara), constituyen dos ejemplos de casos en los que el límite b) puede elevarse al tercio del espesor de la pieza.

Cuando el hormigón deba pasar por entre varias capas de armaduras, convendrá emplear un tamaño de árido más pequeño que el límite máximo indicado.

9.3. Prescripciones y ensayos

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos, no excederá de los límites que se indican en el siguiente cuadro:

	Cantidad máxima, en porcentaje, del peso total de la muestra	
	Arido fino	Arido grueso
Terrones de arcilla ... ..	1,00	0,25
Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7133.		
Partículas blandas ... ..	—	5,00
Determinadas con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7134.		
Finos que pasan por el tamiz 0,080, UNE 7050 ... ..	5,00	1,00
Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7135.		
Material retenido por el tamiz 0,063, UNE 7050, y que flota en un líquido de peso específico 2,0 ... ..	0,50	1,00
Determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7244.		
Compuesto de azufre expresados en $SO_4^{2-}$ y referidos al árido seco ... ..	0,50	1,20
Determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7245.		
Cloruros, expresados en $Cl^-$ y referidos al árido seco ... ..	0,03	0,03
Determinados con arreglo al método de ensayo que se describe en el Anejo 3.		

No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7082, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón.

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los alcalis del cemento. Realizado el análisis químico de la concentración de SiO<sub>2</sub>, y determinada la reducción de la alcalinidad R, de acuerdo con el método de ensayo indicado en la UNE 7137, el árido será considerado como potencialmente reactivo si:

- Para R ≥ 70, la concentración de SiO<sub>2</sub> resulta > R
- Para R < 70, la concentración de SiO<sub>2</sub> resulta > 35+0,5 R

La pérdida de peso máxima experimentada por los áridos al ser sometidos a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico (Método de ensayo UNE 7138) no será superior a la que se indica en el cuadro 9.3.

CUADRO 9.3

Aridos	Pérdida de peso	
	Con sulfato sódico	Con sulfato magnésico
Finos ... ..	10 %	15 %
Gruesos ... ..	12 %	18 %

Este doble ensayo sólo se realizará cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El coeficiente de forma del árido grueso, determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7238, no debe ser inferior a 0,2. En caso contrario, el empleo de ese árido vendrá supeditado a la realización de ensayos previos en laboratorio. Se entiende por coeficiente de forma α de un árido el obtenido, a partir de un conjunto de n granos representativos de dicho árido, mediante la expresión:

$$\alpha = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{\frac{\pi}{6} (d_1^3 + d_2^3 + \dots + d_n^3)}$$

en la que:

- α = coeficiente de forma;
- V<sub>i</sub> = volumen de cada grano;
- d<sub>i</sub> = la mayor dimensión de cada grano, es decir, la distancia entre los dos planos paralelos y tangentes a ese grano que estén más alejados entre sí, de entre todos los que sea posible trazar.

COMENTARIOS

La presencia de compuestos de azufre detectados mediante el ensayo cualitativo indicado en la UNE 7245, pone de manifiesto la inestabilidad potencial del árido y, por consiguiente, el peligro de su empleo para la fabricación de hormigón al poder afectar a su durabilidad.

Respecto a los ensayos prescritos véanse las ideas generales expuestas anteriormente en el comentario al apartado 9.1.

El empleo de áridos gruesos con formas inadecuadas dificulta extraordinariamente la obtención de buenas resistencias y, en todo caso, exige una dosis excesiva de cemento. Por esta razón, es decir, para evitar la presencia de áridos laminares y aciculares en una proporción excesiva, se limita inferiormente el coeficiente de forma de la grava. El valor límite establecido no es muy exigente, por lo que sólo aquellos áridos que tienen gran cantidad de granos de forma inadecuada tendrán un coeficiente inferior a 0,20 y obligarán, por tanto, a recurrir a los ensayos previos que para este caso se prescriban. Tales ensayos consisten en la fabricación de probetas de hormigón, con objeto de comprobar si es o no admisible la dosis de cemento que esos áridos necesitan para que el hormigón correspondiente alcance las cualidades exigidas.

9.4. Almacenamiento

Los áridos deberán almacenarse clasificados por tamaños y de tal forma que queden protegidos de una posible contaminación por el ambiente y, especialmente, por el terreno.

Deberán también adoptarse las necesarias precauciones para eliminar la posibilidad de segregación, tanto durante el almacenamiento como durante su transporte.

COMENTARIOS

Con el fin de evitar el empleo de áridos excesivamente calientes durante el verano o saturados de humedad en invierno o en época de lluvia, se recomienda almacenarlos bajo techado, en recintos convenientemente protegidos y aislados. En caso contrario, deberán adoptarse las precauciones oportunas para evitar los perjuicios que la elevada temperatura, o excesiva humedad, pudieran ocasionar.

ARTICULO 10. ADITIVOS

En los hormigones destinados al pretensado no podrán utilizarse, como aditivos, el cloruro cálcico, ni en general, productos en cuya composición intervengan cloruros, sulfuros, sulfitos u otros compuestos químicos, que puedan ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras.

El empleo de otros aditivos deberá justificarse mediante ensayos que garanticen que la sustancia agregada en las proporciones previstas y disuelta en agua, produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las demás características del hormigón.

En los elementos pretensados mediante armaduras ancladas exclusivamente por adherencia, no podrán utilizarse aditivos que tengan carácter de aireantes.

COMENTARIOS

Los aditivos pueden incorporarse al hormigón para: regular su fraguado o temperaturas o en condiciones normales o extremas; facilitar su desencofrado; modificar su permeabilidad, consistencia, durabilidad o peso específico; protegerlo de las heladas, del desgaste o de los agentes agresivos; reducir o contrarrestar su retracción; activar o mejorar su resistencia y, en general, alterar o conseguir cualquiera otra propiedad determinada.

Como norma general se recomienda utilizar tan sólo aquellos aditivos cuyas características (y especialmente su comportamiento al emplearlos en las proporciones previstas) vengan garantizadas por el fabricante. No obstante, debe tenerse en cuenta que el comportamiento de los aditivos varía con las condiciones particulares de cada obra tipo y dosificación de cemento, naturaleza de los áridos, etc. Por ello es imprescindible la realización de ensayos previos en todos y cada uno de los casos, y muy especialmente cuando se empleen cementos diferentes del portland.

La prohibición de la utilización de aireantes se basa en que estos productos pueden perjudicar la adherencia entre el hormigón y la armadura.

En relación con los plastificantes, debe tenerse en cuenta que estos productos facilitan el hormigonado y permiten una reducción en la relación agua/cemento de las masas, con el consiguiente beneficio para su resistencia; pero al mismo tiempo, suelen retrasar el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón. Por consiguiente cuando se utilicen como aditivos productos plastificantes o fluidificantes, será necesario, en general, ampliar los plazos previstos para desmoldar las piezas y proceder a la transferencia (transmisión del esfuerzo de pretensado al hormigón).

ARTICULO 11. HORMIGONES

11.1. Composición

La composición elegida para la preparación de las mezclas destinadas a la construcción de estructuras o elementos pretensados, deberá estudiarse previamente, con el fin de asegurarse de que es capaz de proporcionar hormigones cuyas características mecánicas y de durabilidad satisfagan las exigencias del proyecto. Estos estudios se realizarán teniendo en cuenta, en todo lo posible, las condiciones de la obra real (diámetro, características superficiales y distribución de armaduras; modo de compactación, dimensiones de las piezas, etc.).

Los componentes del hormigón deberán cumplir las prescripciones incluidas en los artículos 7.º, 8.º, 9.º y 10.

COMENTARIOS

Hay que tener en cuenta que, en general, los hormigones para elementos pretensados deben alcanzar resistencias mecánicas elevadas. En particular, los hormigones que vayan a ser

utilizados en obras expuestas a ambientes muy agresivos, deberán ser objeto de estudios especiales.

La homogeneidad y compacidad de los hormigones utilizados, así como los recubrimientos y protección previstos para las armaduras serán los necesarios para garantizar la durabilidad de la obra, teniendo en cuenta sus condiciones de explotación y el ambiente al cual se prevé estará expuesta.

Es preciso señalar que las condiciones de durabilidad, sobre todo en el caso de riesgo eminente de agresividad de la atmósfera, requieren a veces utilizar hormigones cuyas resistencias pueden ser superabundantes con respecto a las exigidas por el cálculo.

#### 11.2. Condiciones del hormigón

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón se especificarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, siendo necesario en todo caso indicar las referentes a su resistencia a compresión, su docilidad y tamaño máximo del árido; y cuando sea preciso, las referentes a su resistencia a tracción, absorción, peso específico, compacidad, desgaste, permeabilidad, aspecto externo, etc.

Tales condiciones deberán ser satisfechas por todas las unidades de producto componentes del total, entendiéndose por unidad de producto la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez. Normalmente se asociará el concepto de unidad de producto a la amasada, si bien en algún caso y a efectos de control se podrá tomar en su lugar la cantidad de hormigón fabricado en un intervalo de tiempo determinado y en las mismas condiciones esenciales. En esta Instrucción se empleará la palabra «amasada» como equivalente a unidad de producto.

A los efectos de esta Instrucción, cualquier característica de calidad medible de una amasada vendrá expresada por el valor medio de un número de determinaciones (igual o superior a dos) de la característica de calidad en cuestión, realizadas sobre partes o porciones de la amasada.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

**14510** REAL DECRETO 1412/1977, de 2 de junio, por el que se desarrolla el Real Decreto-ley 15/1977, de 25 de febrero, en la parte relativa al régimen fiscal del arrendamiento y venta de fincas urbanas.

El Real Decreto-ley quince/mil novecientos setenta y siete, de veinticinco de febrero, establece, en relación con el Impuesto General sobre la Renta de Sociedades e Impuesto sobre las Rentas del Capital, un régimen tributario especial para el gravamen de los rendimientos procedentes del arriendo y venta de fincas urbanas, así como la normativa aplicable a las Entidades que a la entrada en vigor de aquella norma tuvieren concedidos los beneficios derivados del artículo treinta y ocho de la Ley de dieciséis de diciembre de mil novecientos cuarenta y demás disposiciones complementarias. En su disposición final primera autoriza al Gobierno para que dicte las disposiciones y adopte las medidas necesarias para el desarrollo y ejecución de lo establecido en el mismo.

Al tiempo que establece determinados beneficios fiscales para rendimientos que proceden del alquiler o de la venta de determinada clase de viviendas, el Real Decreto-ley prevé que las Entidades que tuvieren concedidos los beneficios derivados del artículo treinta y ocho de la Ley de dieciséis de diciembre de mil novecientos cuarenta ajusten, en lo sucesivo, su actuación a normas que, en concreto, vienen a determinar una objetivación de los beneficios que disfrutaban. Por ello se ha estimado conveniente reunir, en lo que a dichas Entidades afecta, la única normativa que en lo sucesivo les será de aplicación.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Hacienda, previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día dos de junio de mil novecientos setenta y siete,

DISPONGO:)

I

REGIMEN FISCAL DE LOS RENDIMIENTOS PROCEDENTES DEL ARRENDAMIENTO DE VIVIENDAS Y DE LA VENTA DE «VIVIENDAS SOCIALES»

A) Impuesto General sobre la Renta de las Sociedades y demás Entidades jurídicas.

#### Artículo uno.

De conformidad con lo previsto en el artículo veintiocho coma uno, del Real Decreto-ley quince/mil novecientos setenta y siete, de veinticinco de febrero, se reducirá la base imponible del Impuesto sobre Sociedades de las Entidades sujetas al mismo, cualquiera que fuese su actividad, en la parte de aquélla que proceda del arrendamiento de viviendas, siempre que concurran los requisitos siguientes:

a) Que las viviendas cumplan las características técnicas de construcción y superficie correspondientes a las viviendas de protección oficial del grupo primero.

Dichas características podrán ser modificadas por el Gobierno, a propuesta de los Ministerios de la Vivienda y de Hacienda, con respeto de los derechos adquiridos.

b) Que dichas viviendas hayan sido construidas a partir del día veintiocho de febrero de mil novecientos setenta y siete. A estos efectos se entenderá que se da tal circunstancia cuando la licencia municipal de obras hubiere sido concedida a partir de la indicada fecha.

c) Que los sujetos pasivos no establezcan cuentas en participación afectas a la construcción, la explotación o a ambas conjuntamente de las viviendas indicadas anteriormente.

#### Artículo dos.

La reducción a que se refiere el artículo uno se limitará a la parte de base imponible procedente de los rendimientos de los arrendamientos.

En los supuestos de arriendo de viviendas amuebladas se reducirá la base imponible en la parte de la misma que proceda del arrendamiento estricto de la vivienda, y no se reducirá, por tanto, la derivada de la parte del alquiler que corresponda al mobiliario. Si el contrato de arrendamiento de viviendas amuebladas estableciese un precio global que comprenda conjuntamente el de la vivienda y el del mobiliario se estimará, como precio de arrendamiento de aquélla, la renta catastral de la misma.

Cuando en virtud de lo dispuesto en las Ordenanzas municipales o en otras normas de rango suficiente fuese obligatoria la construcción de plazas de garaje, si éstas fueren cedidas en arrendamiento a los inquilinos de viviendas situadas en el mismo edificio, la reducción a que se refiere el párrafo anterior se llevará a cabo en la cuantía que proceda del total importe del alquiler de las indicadas viviendas y plazas de garaje, con un máximo de una plaza por vivienda.

#### Artículo tres.

También será objeto de reducción la parte de la base imponible que proceda del arriendo de hoteles para viajeros y colegios, escuelas, iglesias y edificios sociales o culturales complementarios, exigidos por la legislación y órganos urbanísticos.

#### Artículo cuatro.

Asimismo, se reducirá la base imponible del Impuesto sobre Sociedades en la parte de la misma que proceda de la venta de «viviendas sociales» a que se refiere el Real Decreto-ley doce/mil novecientos setenta y seis, de treinta de julio. No gozarán de la reducción anterior los sujetos pasivos que hayan financiado la construcción de viviendas sociales mediante el establecimiento de cuentas en participación.

#### Artículo cinco.

Para la determinación de la cuantía de las reducciones anteriores se estará a lo dispuesto en el artículo veintitrés punto cuatro del texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades y disposiciones complementarias, contabilizando, en todo caso, por separado los ingresos y gastos que correspondan a los arrendamientos y ventas que den lugar a dichas reducciones.

#### Artículo seis.

A los efectos del cálculo de la dotación a la previsión para inversiones, se considerarán minorados los beneficios no distribuidos en la misma proporción en que lo haya sido la base imponible por virtud de las reducciones practicadas de acuerdo con lo previsto en los artículos uno a cinco anteriores.

#### Artículo siete.

Se entenderán, en todo caso, inversiones comprendidas en el artículo cuarenta del texto refundido del Impuesto sobre Sociedades;)

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

### COMENTARIOS

Conviene tener presente que la resistencia a compresión, por sí sola, es ya un índice de las demás cualidades propias del hormigón. Por ello en muchas ocasiones basta con exigir un cierto valor mínimo de esta resistencia mínima para tener prácticamente garantizada la existencia en grado suficiente, de otras características que puedan interesar en el caso particular de que se trate.

No obstante, habrá casos en los que convendrá exigir específicamente un mínimo relativo a una determinada cualidad del hormigón: resistencia al desgaste en un pavimento, resistencia al hielo-deshielo en una obra de alta montaña, impermeabilidad en un depósito de agua, etc. No es posible dar en una Instrucción indicaciones generales a este respecto. Por eso, en el articulado se remite al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de cada obra, el cual deberá precisar, en cada caso, de acuerdo con lo prescrito en 6.4, el método de ensayo normalizado que debe emplearse para la comprobación de la cualidad correspondiente, así como las cifras límites admisibles en los resultados.

Todas las cualidades exigidas al hormigón deben quedar claramente especificadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, mediante los oportunos límites de aceptación, los cuales, según los casos, serán límites inferiores, límites superiores, o intervalos. Cualquier amasada que no cumpla alguna especificación se dirá que presenta un defecto y que ella es defectuosa.

Para que el cuadro de especificaciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares sea completo es preciso asociar a cada condición o cualidad exigida un porcentaje de unidades de producto o amasadas defectuosas que se está dispuesto a admitir, como máximo, en el total considerado. La fijación de tal porcentaje debe establecerse tras un meditado estudio de la cuestión, ponderando todas las circunstancias de la obra, especialmente su repercusión en el costo, en la fiabilidad y en la seguridad.

En esta Instrucción se ha adoptado para la resistencia a compresión un nivel de confianza del 95 por 100 (artículo 35) equivalente a admitir un porcentaje de amasadas defectuosas, o con igual o menor resistencia que la especificada, del 5 por 100. Naturalmente, en función de tal porcentaje se han tomado los coeficientes de ponderación y establecido los niveles de control, equilibrando el que la seguridad de la estructura permanezca dentro de unos márgenes admisibles, con el hecho de que el costo de la fabricación del hormigón y de su control no alcancen valores desmesurados.

En el nivel actual de la tecnología del hormigón parece que niveles de confianza del 95 por 100 para la mayoría de las características de calidad y casos son perfectamente aceptables.

### 11.3. Características mecánicas

Las características mecánicas de los hormigones empleados en las estructuras o piezas pretensadas, deberán cumplir las condiciones impuestas en el artículo 35.

La resistencia del hormigón a compresión, a los efectos de esta instrucción, se refiere a la resistencia de la unidad de producto o amasada y se obtiene a partir de los resultados de ensayos de rotura a compresión, en número igual o superior a dos, realizados sobre probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, de veintiocho días de edad, fabricadas a partir de la amasada, conservadas con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7240 y rotas por compresión según el método de ensayo indicado en la UNE 7242.

En aquellos casos en los que el hormigón no vaya a estar sometido a solicitaciones en los tres primeros meses a partir de su puesta en obra, podrá referirse a la resistencia a compresión a la edad de 90 días.

La resistencia a tracción pura de un hormigón,  $f_{ct}$ , puede ser exigida por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares en ciertas obras, indicando el método de ensayo.

Si no se dispone de resultados de ensayos, podrá admitirse que la resistencia característica  $f_{ct, k}$  a tracción en función de la resistencia de proyecto  $f_{ck}$  viene dada por la fórmula:

$$f_{ct, k} = 0,45 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

donde  $f_{ct, k}$  y  $f_{ck}$  están expresadas en  $\text{kp/cm}^2$

### COMENTARIOS

La definición dada para la resistencia del hormigón a compresión no es más que un convenio que permite asociar, a cada unidad de producto o amasada de hormigón, un valor relacionado con el concepto físico de resistencia del material que, aun distinto de aquél, es lo suficientemente representativo para el fin práctico de esta Instrucción.

En lo anterior se presupone la homogeneidad completa del hormigón componente de cada amasada, lo cual implica atribuir a errores propios de los métodos de ensayo (momento y forma de la toma de la muestra, ejecución de la probeta, transporte y conservación, etc.) las discrepancias en los resultados obtenidos al operar con partes de la amasada. Cuando la desviación entre los resultados de una misma unidad de producto sobrepasen ciertos límites parece razonable no concederles absoluta representatividad sin haber realizado una verificación del proceso seguido. Actualmente pueden considerarse en tal situación resultados que difieran de la media en  $\pm 15$  por 100.

La determinación de la resistencia a tracción puede hacerse mediante uno de los dos ensayos que, en líneas generales, se describen a continuación:

A) Ensayo brasileño, sobre probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura y 28 días de edad. El ensayo se realiza según la disposición de la fig. 11.3, con lo que se produce la rotura por hendimiento. La resistencia o tracción pura viene dada por:

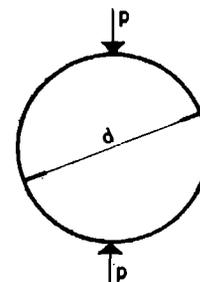


Fig. 11.3

$$f_{ct} \text{ (ensayo brasileño)} = 0,85 \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot l}$$

siendo «P» la carga de rotura, «d» el diámetro de la probeta y «l» su longitud.

B) Ensayo de flexotracción, sobre probetas prismáticas de sección cuadrada y 28 días de edad. Las probetas, de lado *a*, y longitud total *5a*, se ensayan a flexión con una distancia entre apoyos de *4a* y descansando sobre una de las dos caras que durante el hormigonado, estaban situadas lateralmente. La resistencia a flexotracción viene dada por:

$$f_{flex} \text{ (flexotracción)} = 6 \frac{M_u}{a^3}$$

siendo «*M<sub>u</sub>*» el momento de rotura.

A falta de datos experimentales, puede admitirse que la relación entre la resistencia a tracción pura (ensayo A) y la resistencia a flexotracción (ensayo B) varía entre 0,45 y 0,60. Para probetas prismáticas de lado inferior a 12 cm, es aconsejable adoptar el valor 0,60.

La influencia de las distintas variables que habitualmente intervienen en los ensayos es particularmente importante en el caso de los dos mencionados.

Por ello, si se desea que los resultados sean realmente representativos, los ensayos habrán de realizarse en laboratorio y de acuerdo con métodos que se hayan definido previamente con todo detalle. Tales métodos deberán ajustarse, por supuesto, a las líneas generales anteriormente citadas.

Por el contrario, si lo único que se desea, como orientación, son valores aproximados, es cómodo recurrir al ensayo de flexotracción realizado en obra, cuidando de manera especial que las condiciones de curvado sean las mismas para todas las probetas.

11.4. Coeficientes de conversión

Si se dispusiera solamente de resultados de ensayos efectuados sobre probetas diferentes de las cilíndricas de 15 x 30 centímetros o a edades distintas de veintiocho días, sería necesario utilizar coeficientes de conversión para obtener los valores correspondientes a las condiciones tipo. Pero dichos coeficientes varían de unos hormigones a otros, lo que impide establecerlos con carácter general.

Por dicha razón, cualquier valor deducido mediante el empleo de coeficientes de conversión no tendrá mayor validez que la puramente informativa.

COMENTARIOS

Para un hormigón dado, únicamente la realización de ensayos comparativos, periódicamente repetidos a lo largo de la construcción, permitiría determinar los coeficientes de conversión aplicables a los resultados de ensayos efectuados sobre probetas diferentes de las cilíndricas de 15 x 30, para obtener valores comparables a los obtenidos con estas últimas.

A falta de tales ensayos y a título indicativo, el cuadro 11.4.a proporciona una idea aproximada de los coeficientes de paso aplicables en cada caso.

Si no se dispone más que de resultados de ensayos a veintiocho días de edad, se podrá, a falta de datos experimentales correspondientes al hormigón de que se trate, admitir como valores de la relación entre la resistencia a *j* días de edad y la resistencia a veintiocho días de edad, los dados a título indicativo en los cuadros 11.4.b y 11.4.c.

CUADRO 11.4.a

Ensayos de compresión sobre probetas de distinto tipo y la misma edad

Tipo de probeta (su- puesta con caras re- frentadas)	Dimensiones (cm)	Coeficiente de conversión a la probeta cilíndrica de 15 x 30 centímetros	
		Límites de variación	Valores medidos
Cilindro	15x30	—	1,00
Cilindro	10x20	0,94 a 1,00	0,97
Cilindro	25x50	1,00 a 1,10	1,05
Cubo	10	0,70 a 0,90	0,80
Cubo	15	0,70 a 0,90	0,80
Cubo	20	0,75 a 0,90	0,83
Cubo	30	0,80 a 1,00	0,90
Prisma	15x15x45	0,90 a 1,20	1,05
Prisma	20x20x60	0,90 a 1,20	1,05

CUADRO 11.4.b

Resistencias a compresión sobre probetas del mismo tipo

Edad del hormigón, en días	3	7	28	90	360
Hormigones de endu- recimiento normal.	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Hormigones de endu- recimiento rápido.	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

CUADRO 11.4.c

Resistencias a tracción sobre probetas del mismo tipo

Edad del hormigón, en días	3	7	28	90	360
Hormigones de endu- recimiento normal.	0,40	0,70	1,00	1,05	1,10

11.5. Valor mínimo de la resistencia

La resistencia de proyecto *f<sub>ck</sub>* (véase 35.1), no será inferior a 250 kp/cm<sup>2</sup>.

COMENTARIOS

11.6. Docilidad del hormigón

La docilidad del hormigón será la necesaria para que, con los métodos previstos de puesta en obra y compactación, el hormigón rodee las armaduras sin solución de continuidad y rellene completamente los encofrados sin que se produzcan coqueiras. La docilidad del hormigón se valorará determinando su consistencia; lo que se llevará a cabo por el procedimiento descrito en el método de ensayo UNE 7103.

Como norma general y salvo justificación especial no se utilizarán hormigones de consistencia fluida, recomendándose los de consistencia plástica, compactados por vibrado.

En elementos con función resistente se prohíbe la utilización de hormigones de consistencia líquida.

Las distintas consistencias y los valores límites de los asientos correspondientes en el cono de Abrams serán los siguientes:

Consistencia	Asiento en cm
Seca ... ..	0 - 2
Plástica ... ..	3 - 5
Blanda ... ..	6 - 9
Fluida ... ..	10 - 15

La consistencia del hormigón utilizado será la especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, con las tolerancias que a continuación se indican:

Tipo de consistencia	Tolerancia en cm
Seca... ..	0
Plástica ... ..	± 1
Blanda ... ..	± 1
Fluida ... ..	± 2

COMENTARIOS

A medida que aumenta la proporción de agua de amasado en un hormigón, decrece, como es sabido, su resistencia, en tanto que aumenta el valor de su retracción y, por consiguiente, el peligro de que se fisure por esa causa. Este último fenómeno, que se acentúa con la utilización de cementos de elevada finura de molido, es muy acusado en el caso de hormigones de consistencia líquida. Por ello se prohíbe su empleo.

En cambio, los hormigones cuya consistencia varíe entre la seca y la plástica, compactados por vibrado, son los más aconsejables, alcanzándose con ellos las mejores condiciones de resistencia y capacidad.

Respecto a la determinación de la consistencia, los procedimientos que se prescriben son simples y de muy fácil realización. Actualmente, cuando se trata de ensayar hormigones muy secos, se apunta la tendencia a utilizar aparatos en los que el asiento de la masa fresca se provoca por vibrado.

A título de orientación, se citan seguidamente las consistencias que se consideran adecuadas para los distintos sistemas de compactación.

Compactación	Consistencia
Vibrado energético y cuidadoso, como el efectuado generalmente en taller	Seca
Vibrado normal	Plástica
Apisonado	Blanda
Picado con barra	Fluida

Según la UNE 7103, la consistencia del hormigón se mide por su asiento en el cono de Abrams, expresado en un número entero de centímetros.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

**14574** REAL DECRETO 1414/1977, de 17 de junio, por el que se regula la tributación sobre el Beneficio Consolidado de los Grupos de Sociedades.

El título primero del Real Decreto-ley quince/mil novecientos setenta y siete, de veinticinco de febrero, establece las bases de la imposición sobre el beneficio consolidado de los Grupos de Sociedades. La ausencia de normas en el Derecho mercantil español que contemplan tanto el Grupo de Empresas como el Grupo de Sociedades ha supuesto que, al regular la imposición sobre dichas unidades económicas, sea necesario delimitar previamente sus características definidoras.

Este Decreto contempla con visión realista el Grupo de Sociedades, considerando el factor financiero como elemento esencial de tales unidades económicas, estableciendo las normas adecuadas para la aplicación del régimen de declaración consolidada. Para ello, se parte de los estados financieros consolidados que deberá presentar el Grupo, regulándose, a efectos fiscales, el método de consolidación para confeccionar los balances y cuentas de resultados del Grupo, así como todos los elementos fundamentales para obtener la deuda tributaria consolidada, introduciendo un conjunto de normas que, en muchos aspectos, son una auténtica novedad en el Derecho tributario español.

Las normas de aplicación del régimen de declaración consolidada se proponen como una primera etapa de un proceso en el que se irán introduciendo las modificaciones que la experiencia aconseje; por ello, esta disposición tiene un carácter claramente provisional, cualidad ésta que desaparecerá una vez completado el cuadro normativo, por la regulación definitiva de esta materia.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Hacienda, previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete,

### DISPONGO:

Artículo primero.—*Grupo de Sociedades: Sujeto pasivo.*

Uno. El Grupo de Sociedades a quien el Ministerio de Hacienda conceda el régimen de declaración consolidada tendrá el carácter de sujeto pasivo, conforme al artículo treinta y tres de la Ley General Tributaria, para todas aquellas relaciones tributarias constitutivas de dicho régimen o derivadas del mismo.

Dos. El régimen de declaración consolidada comprenderá únicamente al Impuesto General sobre la Renta de Sociedades y demás Entidades jurídicas, sin que sea, por tanto, de aplica-

ción a ningún otro tributo, salvo el tratamiento especial del Impuesto sobre las Rentas del Capital, en que se estará a lo dispuesto en el artículo treinta y tres de esta disposición.

Tres. A los efectos de la declaración consolidada, se entiende por Grupo de Sociedades consolidables el conjunto de Sociedades Anónimas, no incluidas en el número cuatro siguiente, formado por una Sociedad dominante del Grupo, residente en España, y una o más Sociedades dependientes, controladas por dicha Sociedad dominante, mediante la propiedad directa o indirecta de más del cincuenta por ciento de su capital social de manera ininterrumpida durante todo el ejercicio social, siempre que dichas participaciones comporten más del cincuenta por ciento de los votos. La Sociedad dominante requerirá, además, no ser dominada por ninguna otra Sociedad residente en España.

Cuatro. No podrán formar parte de los Grupos de Sociedades consolidables las Entidades en quienes concurra alguna de las siguientes circunstancias:

- a) Que gocen de exención en el Impuesto sobre Sociedades.
- b) Que tributen totalmente por el Impuesto sobre Sociedades a las Diputaciones Forales de Alava o Navarra.
- c) Las incluidas en la disposición transitoria primera del texto refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades.
- d) Las Sociedades inmobiliarias a las que se refieren las disposiciones transitorias tercera o quinta del Real Decreto-ley quince/mil novecientos setenta y siete, de veinticinco de febrero.
- e) Las Sociedades en situación de suspensión de pagos o quiebra o incursas en el supuesto previsto en el apartado tres del artículo ciento cincuenta de la Ley de Sociedades Anónimas.

Cinco. El Ministerio de Hacienda, según las circunstancias que concurran, podrá denegar la inclusión en el Grupo a las Sociedades dependientes extranjeras.

En todo caso, para consolidar una Sociedad dependiente extranjera será preciso que se facilite a la Administración la posibilidad de su correcta comprobación e investigación.

Seis. Salvo los casos previstos en los números cuatro y cinco anteriores, cualquier Sociedad anónima directa e indirectamente dependiente de la Sociedad dominante tendrá el carácter de Sociedad consolidable, siendo obligatoria su consolidación, siempre que la Sociedad dominante solicite la aplicación del régimen de declaración consolidada.

Artículo segundo.—*Inclusión o exclusión de Sociedades del Grupo.*

Uno. Si después de concedido el régimen de declaración consolidada, la Sociedad dominante lograre el control sobre una o varias Sociedades dependientes, será obligatoria su inclusión en el Grupo en el ejercicio siguiente, siempre que reúna los requisitos legales exigidos.

Dos. Por el contrario, se excluirán las Sociedades dependientes que perdieren tal carácter.

Artículo tercero.—*Solicitud del Régimen de Declaración Consolidada.*

Uno. La Sociedad dominante de un Grupo de Sociedades podrá solicitar del Ministerio de Hacienda que la base imponible y los demás elementos determinantes del Impuesto sobre Sociedades sean calculados conjuntamente para todas las Sociedades del Grupo, mediante la consolidación de los balances y cuentas de resultados de las Sociedades que lo forman.

Dicha solicitud se presentará dentro del plazo reglamentario establecido para la declaración del Impuesto sobre Sociedades correspondiente al ejercicio económico anterior al que se pida la aplicación del Régimen de Declaración del Beneficio Consolidado del Grupo o declaración consolidada.

Dos. Para solicitar la aplicación del Régimen de Declaración Consolidada será preciso que las participaciones en las Sociedades dependientes se hayan poseído un año antes a la solicitud, como mínimo.

No será exigible el plazo anterior en el supuesto previsto en el artículo segundo de este Real Decreto.

Artículo cuarto.—*Documentación a presentar.*

Uno. Además de la solicitud presentada por la Sociedad dominante, para acogerse al Régimen de Declaración Consolidada, todas las Sociedades que formen parte del Grupo consolidable deberán presentar, antes de terminar el ejercicio a partir del cual se solicita el Régimen de Declaración Consolidada, certificaciones, con firmas legitimadas notarialmente, que acrediten:

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

### ARTICULO 12. ARMADURAS PASIVAS

#### 12.1. Generalidades

En las estructuras y piezas de hormigón pretensado, las armaduras de alta resistencia mediante las cuales se introduce la fuerza de pretensado, van asociadas a otras armaduras, llamadas «pasivas» que son las armaduras habituales del hormigón armado.

Las armaduras pasivas para el hormigón pretensado serán de acero y estarán constituidas por:

- Barras lisas.
- Barras corrugadas.
- Mallas electrosoldadas.

Los diámetros nominales de las barras lisas y corrugadas se ajustarán a la serie siguiente:

6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 y 50 mm

pudiendo utilizarse también el diámetro de 14 mm.

Las barras no presentarán defectos superficiales, grietas sopladuras, ni mermas de sección.

La sección equivalente en cada barra corrugada no será inferior al 95 por 100 de su sección nominal, en diámetros no mayores de 25 mm; ni al 96 por 100 en diámetros superiores.

A los efectos de esta Instrucción, se considerará como límite elástico,  $f_e$ , del acero el valor de la tensión que produce una deformación remanente del 0,2 por 100.

#### COMENTARIOS

Se entiende por diámetro nominal de una barra corrugada el número convencional que define el círculo respecto al cual se establece las tolerancias. El área del mencionado círculo es la sección nominal de la barra.

Se entiende por sección equivalente de una barra corrugada, expresada en  $\text{cm}^2$ , el cociente de su peso en gramos, por 7,85 veces su longitud en centímetros. El diámetro del círculo cuya área es igual a la sección equivalente se denomina diámetro equivalente.

En general, en el caso de los aceros de dureza natural, el límite elástico coincide con el valor aparente de la tensión correspondiente al escalón de cedencia. En los casos en que no aparece este escalón (acero estirado en frío) o aparece poco definido, es necesario recurrir al valor convencional prescrito en el articulado. La designación  $f_e$  puede emplearse en todos los casos, pero si resulta necesario distinguir los aceros de dureza natural y los estirados en frío, debe utilizarse  $f_e$  para los primeros y  $f_{e2}$  para los segundos.

Las barras lisas (de acero ordinario) son, en general, recomendables para aquellos casos en los que se necesita poder realizar fácilmente las operaciones de doblado y desdoblado (por ejemplo, armaduras en espera) en los que se precisan redondos de superficie lisa (pasadores en juntas de pavimentos de hormigón, por ejemplo). Por el contrario, cuando se desea una resistencia elevada y/o una buena adherencia con el hormigón, es siempre aconsejable el empleo de barras corrugadas (de alta adherencia de acero especial).

En cuanto a las mallas electrosoldadas, su empleo suele ser apropiado en elementos superficiales (losas, láminas, etc.).

La determinación de las eventuales mermas de sección de una barra debe realizarse después de limpiar cuidadosamente

para eliminar las posibles escamas de laminación y el óxido no adherido firmemente.

De un modo general se recomienda utilizar en obra el menor número posible de diámetros distintos y que estos diámetros se diferencien al máximo entre sí.

Los diámetros que componen la serie recomendada tienen la ventaja de que pueden diferenciarse unos de otros a simple vista. Además, la sección de cada uno de esos redondos, equivale aproximadamente a la suma de las secciones de los dos redondos inmediatamente precedentes, lo que facilita las distintas combinaciones de empleo. Por otra parte, la utilización de esta misma serie está recomendada actualmente en toda Europa.

#### 12.2. Barras lisas

Barras lisas a los efectos de esta Instrucción son aquellas que no cumplen las condiciones de adherencia fijadas en 12.3. Cumplirán las condiciones siguientes, que serán garantizadas por el fabricante:

- Carga unitaria de rotura,  $f_r$ , comprendidas entre 3.400 y 5.000  $\text{kp}/\text{cm}^2$ .
- Límite elástico,  $f_y$ , igual o superior a 2.200  $\text{kp}/\text{cm}^2$ .
- Alargamiento de rotura en %, medido sobre base de cinco diámetros, igual o superior a 23.
- Ausencia de grietas después del ensayo de doblado simple, a  $180^\circ$  efectuado a  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  sobre un mandril del siguiente diámetro:
  - para barras de diámetro superior a 16 mm cuya carga unitaria de rotura sea superior a 4.500  $\text{kp}/\text{cm}^2$ , el diámetro del mandril será doble del de la barra;
  - para cualquier otro caso, el diámetro del mandril será igual al de la barra.

- Ausencia de grietas después del ensayo de doblado-desdoblado a  $90^\circ$ . Este ensayo se efectuará a  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  y en cada caso sobre un mandril de diámetro doble del utilizado en el ensayo de doblado simple a  $180^\circ$ .

Las tres primeras características citadas se determinarán de acuerdo con el método de ensayo indicado en la UNE 7262.

Este acero se designa por AE 22 L.

#### COMENTARIOS

Las condiciones exigidas a las barras lisas coinciden en lo esencial con las especificadas en la UNE 38097.

#### 12.3. Barras corrugadas

Barras corrugadas a los efectos de esta Instrucción son las que presentan, en el ensayo de adherencia por flexión descrito en el anejo número 5 «Homologación de la adherencia de barras corrugadas» de la EH-73, una tensión media de adherencia  $\tau_{bm}$  y una tensión de rotura de adherencia  $\tau_{bu}$  que cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes, válidas para  $\varnothing \leq 32$ :

$$\begin{aligned} \tau_{bm} &\geq 80 - 1,2 \varnothing \\ \tau_{bu} &\geq 130 - 1,9 \varnothing \end{aligned}$$

donde  $\tau_{bm}$  y  $\tau_{bu}$  se expresan en  $\text{kp}/\text{cm}^2$ , y  $\varnothing$  en mm.

Los diámetros superiores a 32 no podrán emplearse si no están avalados por un estudio experimental previo de adherencia.

Las características de adherencia serán objeto de homologación, mediante ensayos realizados en laboratorio oficial. En el certificado de homologación se consignarán obligatoriamente los límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos.

Estas barras cumplirán, además, las condiciones siguientes:

- Características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante, de acuerdo con las prescripciones de la tabla 12.3.a.
- Ausencia de grietas después de los ensayos de doblado simple a 180°, y de doblado-desdoblado a 90° (UNE 36.088), sobre los mandriles que correspondan según la Tabla 12.3.b.

— Llevar grabadas las marcas de identificación establecidas por la UNE 36.088, relativas a su tipo y la marca del fabricante.

El fabricante indicará si el acero es apto para el soldeo, las condiciones y procedimientos en que éste debe realizarse.

La aptitud del acero para el soldeo se comprobará de acuerdo con 68.4.

TABLA 12.3.a

Designación	Clase de acero	Límite elástico $f_y$ , en $\text{kp/cm}^2$ , no menor que	Carga unitaria de rotura $f_r$ en $\text{kp/cm}^2$ , no menor que	Alargamiento de rotura en porcentaje, sobre base de cinco diámetros, no menor que	Relación $f_r/f_y$ en ensayo, no menor que
AE 42N ... ..	Dureza natural	4.200	5.500	18	1,25
AE 42F ... ..	Estirado en frío	4.200	5.000	12	1,10
AE 46N ... ..	Dureza natural	4.600	6.000	16	1,25
AE 46F ... ..	Estirado en frío	4.600	5.500	11	1,10
AE 50N ... ..	Dureza natural	5.000	6.500	14	1,20
AE 50F ... ..	Estirado en frío	5.000	6.000	10	1,10
AE 60N ... ..	Dureza natural	6.000	7.200	12	1,15
AE 60F ... ..	Estirado en frío	6.000	6.600	8	1,10

TABLA 12.3.b

Designación	Diámetro del mandril	
	Doblado simple	Doblado-desdoblado
AE 42N y AE 42F ... ..	3 $\emptyset$	6 $\emptyset$
AE 46N y AE 46F ... ..	3,5 $\emptyset$	7 $\emptyset$
AE 50N y AE 50F ... ..	4 $\emptyset$	8 $\emptyset$
AE 60N y AE 60F ... ..	5 $\emptyset$	10 $\emptyset$

## COMENTARIOS

La forma y dimensiones de los resaltos para conseguir una alta adherencia es potestativa del fabricante. Se recomienda que si fabrica aceros de distinto límite elástico la forma del corrugado sea diferente.

El procedimiento para medir la adherencia entre el acero y el hormigón, es siempre convencional, al igual que la definición de la tensión  $\tau_a$  de adherencia. Por ello se trata este tema refiriéndolo a un método de ensayo internacionalmente adoptado (Anejo n.º 5 «Homologación de la adherencia de barras corrugadas» de la EH-73), donde se definen las tensiones  $\tau_{ba}$  y  $\tau_{bs}$  y el procedimiento operatorio.

Una vez homologada la adherencia de un acero basta comprobar en obra, mediante un control geométrico, que los resaltos o corrugaciones están dentro de los límites que figuran en el certificado.

Se recomienda que el fabricante garantice un diagrama característico tensión-deformación del acero, hasta la deformación 10 por 1.000, basado en una amplia experimentación.

Se recuerda que la aptitud al soldeo de un acero va íntimamente ligada con el procedimiento que se utilice para soldar.

Es conveniente que los fabricantes faciliten unas fichas de datos, con las características correspondientes a los aceros de su fabricación, comprendiendo como mínimo:

- Designación comercial.
- Fabricante.
- Marcas de identificación.
- Tipo de acero.
- Condiciones técnicas de suministro.
- Diámetros nominales.
- Recomendaciones de empleo.

Características garantizadas:

- Masas por metro.
- Características geométricas del corrugado.
- Características mecánicas.
- Características de adherencia.
- Condiciones de soldeo en su caso.

## 12.4. Mallas electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas para elementos resistentes se presentan en paneles rectangulares, constituidos por barras soldadas a máquina. En los paneles las barras se disponen aisladas o pareadas. Las separaciones entre ejes de barras, o en su caso entre ejes de pares de barras, pueden ser en una dirección, de 50, 75, 100, 150 y 200 mm. La separación en la dirección normal a la anterior no será superior a tres veces la separación en dicha dirección, ni a 300 mm.

Las barras pueden ser: barras corrugadas de acero cumpliendo las condiciones de 12.3, barras lisas de acero trefilado y barras corrugadas de acero trefilado.

Con objeto de normalizar los diámetros de las barras lisas y corrugadas de acero trefilado, se recomienda utilizar la serie siguiente:

4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11 y 12 mm. Cumplirán las condiciones de la Tabla 12.4.

TABLA 12.4

Designación de las barras	Límite elástico $f_y$ , kp/cm <sup>2</sup> , no menor que	Carga unitaria $f_u$ , kp/cm <sup>2</sup> , no menor que	Alargamiento de rotura (porcentaje) sobre base de 5 diámetros, no menor que	Relación en ensa- yo $f_u/f_y$ , no menor que
AE 50T ... ..	5.000	5.500	10	1,05
AE 60T ... ..	6.000	6.600	8	1,05

El ensayo de tracción correspondiente a las barras trelladas de las mallas electrosoldadas se realizará sobre una probeta que tenga, al menos, una barra transversal soldada.

Las barras, antes de ser soldadas para fabricar la malla, cumplirán la condición de doblado simple sobre mandril de 4 Ø en el acero AE 50T y de 5 Ø en el AE 60T.

Se prohíbe la soldadura en obra de las barras de acero trellado.

A las barras corrugadas de acero trellado se les exigen, además, las condiciones de adherencia del artículo 12.3 garantizadas mediante homologación.

Realizado el ensayo de despegue de las barras de nudo, la carga de despegue no será inferior a 0,35 A  $f_y$ , siendo A la sección nominal de la barra más gruesa, y  $f_y$ , el límite elástico del acero (véase Anejo 3).

#### COMENTARIOS

En la denominación «barras lisas de acero trellado» se comprenden las grafiladas con resaltes grabados que no cumplen las condiciones establecidas para la adherencia en 12.3.

Los diámetros tipificados se refieren a paneles de mallas que pueden emplearse como armadura principal de elementos resistentes. Las mallas fabricadas con barras de diámetros inferiores a 4 mm sólo pueden utilizarse para evitar fisuraciones o empleos análogos.

Es conveniente que cada paquete de paneles salga de fábrica con una etiqueta, firmemente sujeta, en la que figure por lo menos la denominación, el límite elástico y el nombre del Fabricante.

#### 12.5. Suministro y almacenamiento

Cada partida de acero irá acompañada de los oportunos certificados de homologación y de garantía, facilitados por el fabricante, en los que se indique los valores límites de las diferentes características expresadas en 12.2, 12.3 y 12.4, que indiquen que el acero cumple las exigencias contenidas en esta Instrucción.

El fabricante facilitará, además, si se le solicita, copia de los resultados de los ensayos correspondientes a la partida servida.

Tanto durante el transporte como durante el almacenamiento, la armadura pasiva se protegerá adecuadamente, contra la lluvia, la humedad del suelo y la eventual agresividad de la atmósfera ambiente. Hasta el momento de su empleo se conservarán en obra cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias.

Antes de su utilización, y especialmente después de un largo período de almacenamiento en obra, se examinará el estado de su superficie, con el fin de asegurarse de que no presenta alteraciones perjudiciales.

En el momento de su utilización, las armaduras pasivas deben estar limpias, sin sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.

#### COMENTARIOS

En general la barra recta se considera la forma más conveniente de suministro. Se toleran, sin embargo, otras formas habituales en la práctica, siempre que se cumplan las limitaciones de diámetro de doblado prescritas en las UNE 36.097 y 36.088.

En el caso de un almacenamiento prolongado, el Director de obra, si lo estima necesario, podrá exigir la realización de los ensayos precisos para comprobar que los aceros no presentan alteraciones perjudiciales.

Una ligera capa de óxido adherente (que no desaparece al frotar con cepillo de alambre) en la superficie de las barras, no se considera perjudicial para su utilización.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

14645

ORDEN de 29 de abril de 1977 por la que se aprueba la «Instrucción para el vertido al mar, desde tierra, de aguas residuales a través de emisarios submarinos».

Por Orden ministerial de 23 de abril de 1969 del Ministerio de Obras Públicas fueron aprobadas las «Normas provisionales para el proyecto de instalaciones depuradoras y de vertido de aguas residuales al mar en las costas españolas».

En la Resolución se especificaba que dichas normas serían aplicadas en tanto no fueran ratificadas o sustituidas por las definitivas que se formularan a la vista de los resultados y experiencias obtenidos de su aplicación.

La demanda creciente de usos, tanto urbanos como industriales, a que se ha sometido el litoral, aconsejan la reconsideración de las normas con objeto de lograr una mejor protección del medio ambiente litoral y de la salud de las personas que lo frecuentan.

Al mismo tiempo la experiencia obtenida con la aplicación de las actuales normas ha permitido establecer cuáles habían de ser los criterios en que debía basarse su modificación.

Como consecuencia de ello se definen criterios de calidad de las aguas según las características y uso de las zonas receptoras de los vertidos; se establecen límites de los parámetros indicadores de calidad de las aguas receptoras y del efluente antes del vertido; se tipifican los datos y parámetros en que ha de basarse el proyecto del emisario y se cuantifican los procesos de dilución inicial, dispersión superficial y reducción en el tiempo de la actividad de microorganismos y compuestos químicos.

Por último se destaca la importancia de una adecuada elección de los materiales que constituyen el emisario submarino y se recomiendan procedimientos idóneos para la construcción del mismo.

En su virtud, este Ministerio ha resuelto aprobar la «Instrucción para el vertido al mar, desde tierra, de aguas residuales a través de emisarios subterráneos», que se publicará como anexo a la presente Orden.

Madrid, 29 de abril de 1977.—El Ministro de Obras Públicas, Carlos Pérez de Bricio.

#### ANEXO

### INSTRUCCION PARA EL VERTIDO AL MAR, DESDE TIERRA, DE AGUAS RESIDUALES A TRAVES DE EMISARIOS SUBTERRANEOS

#### ARTICULO 1.º

#### Objeto y campo de aplicación

##### 1.1. Definición de contaminación

A los fines de esta instrucción se entiende por contaminación del mar la introducción por el hombre en el mar, directa o

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

ARTICULO 13. ARMADURAS ACTIVAS

13.1. Generalidades

Se denominan armaduras activas a las de acero de alta resistencia mediante las cuales se introduce el esfuerzo de pretensado.

Sus elementos constituyentes pueden ser: alambres, barras, torzales, cordones o cables. La definición de estos elementos es la siguiente:

- Alambre:** Producto de sección maciza, de pequeño diámetro y gran longitud, que se suministra en rollos.
- Barra:** Producto de sección maciza, que se suministra solamente en forma de elementos rectilíneos.
- Torzal:** Conjunto formado por dos o tres alambres de igual diámetro arrollado helicoidalmente.
- Cordón:** Conjunto formado por más de tres alambres, arrollados helicoidalmente alrededor de un eje central que puede o no estar materializado por otro alambre.
- Cable:** Conjunto formado por cordones arrollados helicoidalmente alrededor de un núcleo central o alma que actúa como soporte. Dicho núcleo puede estar constituido por un muelle helicoidal, un alambre, un cordón u otro cable.

Se denomina «tendón» al conjunto de las armaduras de pretensado que alojadas dentro de un mismo conducto, se consideran en los cálculos como una sola armadura.

COMENTARIOS

El tendón también recibe el nombre de unidad de tensión. Además de los citados en el artículo, que son los normales, existen otros elementos que pueden utilizarse para constituir las armaduras activas, cuyo empleo deberá, en su caso, justificarse convenientemente, de acuerdo con lo previsto en el artículo 1.º.

13.2. Características mecánicas

A los efectos de esta Instrucción las características fundamentales que se utilizan para definir la calidad de los aceros de las armaduras activas son las siguientes:

- a) Diagrama tensión-deformación (carga unitaria-alargamiento en %).
- b) Carga unitaria máxima a tracción ( $f_{máx}$ ).
- c) Límite elástico ( $f_y$ ).
- d) Alargamiento remanente concentrado de rotura ( $\epsilon_u$ ).
- e) Alargamiento bajo carga máxima ( $\epsilon_{máx}$ ).
- f) Módulo de elasticidad ( $E_s$ ).
- g) Estricción ( $\eta$ ), expresada en %.
- h) Aptitud al doblado alternativo.
- i) Relajación.
- j) Resistencia a la fatiga.
- k) Susceptibilidad a la corrosión bajo tensión.

Los fabricantes deberán garantizar, como mínimo, las características indicadas en b); c); d); f); h), e i). Podrá sustituirse el d) por la e).

COMENTARIOS

Se recomienda que el contenido porcentual de cada uno de los elementos químicos constituyentes de los aceros no aleados utilizados en las armaduras activas, quede comprendido entre los valores indicados en la tabla 13.2, con el fin de conseguir que resulten aceptables sus características mecánicas.

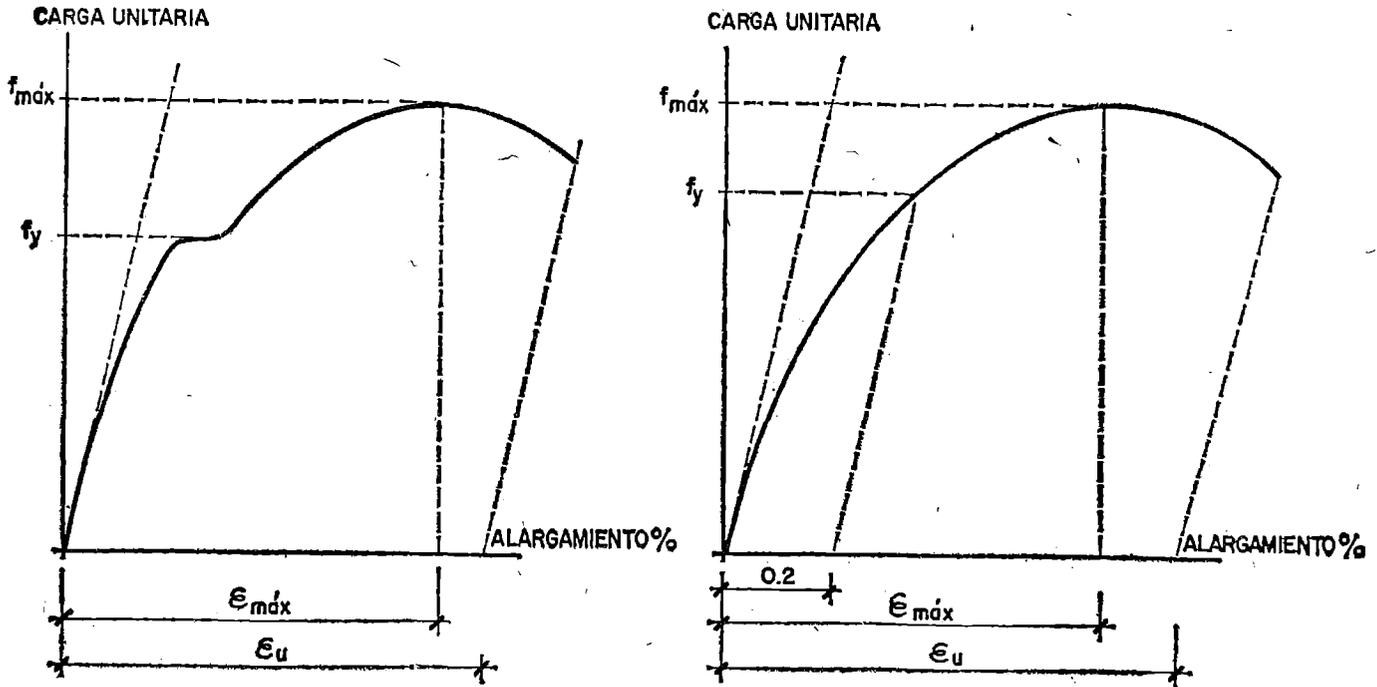


Fig. 13.2

TABLA 13.2

Elemento	Porcentaje mínimo	Porcentaje máximo
C ... ..	0,58	0,68
Mn ... ..	0,50	0,90
Si ... ..	0,15	0,40
P ... ..	—	0,040
S ... ..	—	0,040

— Se utiliza como más propia la nomenclatura de «carga unitaria» en vez de «tensión», para tener en cuenta que los valores que se registran en el gráfico están referidos a la sección inicial (carga unitaria) y no a la real (tensión).

— El límite elástico  $f_y$ , se define, para todo tipo de aceros, como la carga unitaria correspondiente a una deformación remanente del 0,2 por 100. Este valor suele coincidir con el del escalón de cedencia en aquellos aceros que lo presentan (fig 13.2).

— El alargamiento remanente de rotura puede evaluarse de dos formas. Una, midiéndolo sobre una base que por in-

cluir la sección de rotura y zonas adyacentes resulta afectada por una posible estricción; el alargamiento así medido se denomina «alargamiento remanente concentrado». Otra, midiéndolo sobre una base que no incluya la sección de rotura ni las zonas afectadas por una posible estricción; se determina así el conocido como «alargamiento remanente repartido».

— La estricción expresada en % viene definida como:

$$\eta = \frac{A_1 - A_0}{A_1} \times 100$$

Siendo  $A_1$  y  $A_0$ , respectivamente, las secciones rectas, inicial y de rotura.

- Otro parámetro relacionado con la ductilidad del material es la sensibilidad de las entallas, definido como la relación entre la carga que es capaz de soportar a tracción una probeta entallada y la que soporta otra probeta sin entallar y con la misma sección resistente que la primera. Este número es un índice de la capacidad del material para soportar defectos que pueden producirse durante la fabricación, transporte o puesta en obra.
- Para las estructuras que deban soportar sollicitaciones dinámicas o de fatiga, y cuyas armaduras vayan ancladas por adherencia, es preciso conocer las longitudes de anclaje y las características de la transmisión de esfuerzos entre la armadura y el hormigón, mediante ensayos especiales dinámicos y estáticos.
- Por el momento, no se conoce un ensayo que permita determinar con suficiente garantía, la inmunidad de un acero frente a la corrosión bajo tensión. Sin embargo, pueden realizarse una serie de pruebas (Normas MELC) indicativas del comportamiento del acero frente a determinadas atmósferas agresivas (sulfuros, cloruros y nitratos) o su susceptibilidad a la fragilización por hidrógeno.

Sería deseable que, en cada caso, se realizaran ensayos específicos siempre que se prevea la existencia de una determinada atmósfera agresiva.

- Cuando se trate de estructuras especiales que puedan estar sometidas a temperaturas distintas a las normales será preciso conocer cómo varían las características mecánicas adoptadas en el proyecto. La elevación de la temperatura provocará un aumento de la relajación. La disminución de la temperatura una pérdida de la ductilidad.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE TRABAJO

- 14682** *CORRECCION de errores de la Orden de 13 de mayo de 1977 por la que se eleva el limite máximo del liquido imponible que condiciona la inclusión de los trabajadores por cuenta propia en el Régimen Especial Agrario de la Seguridad Social.*

Advertido error en el texto remitido para su publicación de la citada Orden, inserta en el «Boletín Oficial del Estado» número 124, de fecha 25 de mayo de 1977, páginas 11545 y 11546, se transcribe a continuación la oportuna rectificación:

En el sumario, donde dice: «Orden de 13 de mayo de 1977 por la que se eleva el límite máximo del líquido que condiciona...», debe decir: «Orden de 13 de mayo de 1977 por la que se eleva el límite máximo del líquido imponible que condiciona...».

## II. Autoridades y personal

### NOMBRAMIENTOS, SITUACIONES E INCIDENCIAS

#### MINISTERIO DEL EJERCITO

- 14683** *REAL DECRETO 1465/1977, de 25 de junio, por el que se dispone cese en la situación de «En Servicios Especiales» (Grupo de cargos civiles) el General Interventor don Sabino Fernández Campo.*

Por haber cesado en el cargo de Subsecretario de Información y Turismo por Real Decreto mil cuatrocientos sesenta y dos/mil novecientos setenta y siete, de diecisiete de junio,

Vengo en disponer que el General Interventor don Sabino Fernández Campo cese en la situación de «En Servicios Especiales» (Grupo de cargos civiles), quedando en la situación militar de disponible.

Dado en Madrid a veinticinco de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro del Ejército,  
FELIX ALVAREZ-ARENAS Y PACHECO

- 14684** *REAL DECRETO 1466/1977, de 25 de junio, por el que se destina a la Jefatura de Intervención del Ejército, de la Dirección de Servicios Generales del Ejército, al General Interventor don Sabino Fernández Campo.*

Vengo en destinar a la Jefatura de Intervención del Ejército, de la Dirección de Servicios Generales del Ejército, al General Interventor don Sabino Fernández Campo, cesando en la situación de «disponible».

Dado en Madrid a veinticinco de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro del Ejército,  
FELIX ALVAREZ-ARENAS Y PACHECO

#### MINISTERIO DE LA GOBERNACION

- 14685** *RESOLUCION de la Dirección General de Administración Local por la que se nombra Secretario de Administración Local de primera categoría, con carácter interino, para la plaza que se cita.*

En uso de las atribuciones que le confiere el artículo 202, párrafo 2.º del Reglamento de Funcionarios de Administración Local de 30 de mayo de 1952, modificado por Decreto de 20 de mayo de 1958, y de conformidad con lo que establece el Decreto 687/1975, de 21 de marzo, sobre regulación provisional de los Cuerpos Nacionales de Administración Local,

Esta Dirección General ha resuelto efectuar el nombramiento de don Gregorio Pérez Simón como Secretario interino del Ayuntamiento de Arganda del Rey (Madrid).

El funcionario nombrado deberá tomar posesión de la plaza adjudicada dentro de los ocho días hábiles siguientes a la publicación de esta Resolución en el «Boletín Oficial del Estado».

La Corporación interesada en este nombramiento deberá remitir a esta Dirección General copia literal certificada del acta de toma de posesión, dentro de los ocho días hábiles siguientes a aquel en que se hubiese efectuado.

## Artículo decimoquinto.

Por los Ministerios de Hacienda y de la Gobernación, conjunta o independientemente, de acuerdo con sus respectivas competencias, se dictarán las disposiciones necesarias para la aplicación del presente Real Decreto.

## DISPOSICION TRANSITORIA

Las funciones atribuidas al Pleno de la Comisión Nacional de Colaboración del Estado con las Corporaciones Locales en los apartados f), g), h) e i) del artículo sexto del presente Real Decreto no se ejercerán por aquella en el año mil novecientos setenta y siete, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo cuarenta y siete de la vigente Ley de Presupuestos.

## DISPOSICION FINAL

Se asignan a la Dirección General de Tributos las competencias relativas a los recursos de naturaleza tributaria de las Entidades Locales que actualmente tiene encomendadas la Dirección General de Presupuestos.

Dado en Madrid a diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

### 14406 INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

## 13.3. Alambres

Las características mecánicas de los alambres de pretensado, obtenidas a partir del ensayo o tracción realizado según UNE (7-194-73) deberán cumplir las prescripciones siguientes:

- La carga unitaria máxima  $f_{max}$  no será inferior a 150 kp/milímetros cuadrados.
- El límite elástico  $f_e$  estará comprendido entre los valores siguientes:
  - Para alambres de diámetro menor de 5 mm (o de sección equivalente), entre el 82 por 100 y el 95 por 100 de la carga unitaria máxima  $f_{max}$ .
  - Para alambres de diámetro igual o superior a 5 mm (o de sección equivalente), entre el 85 por 100 y el 95 por 100 de la carga unitaria máxima  $f_{max}$ .
- Estas relaciones deberán cumplirlas no sólo los valores mínimos garantizados, sino también los correspondientes a cada uno de los alambres ensayados.
- El alargamiento remanente concentrado de rotura, medido sobre base de 10  $\varnothing$  no será inferior al 5 por 100.
- El módulo de elasticidad tendrá el valor garantizado por el fabricante con una tolerancia de  $\pm 7$  por 100.

En los alambres de diámetro igual o superior a 5 mm o de sección equivalente, la pérdida de resistencia a la tracción, después de un doblado-desdoblado, realizado según UNE 7-401-76 no será superior al 5 por 100.

El número mínimo de doblados-desdoblados que soportará el alambre en la prueba de doblado alternativo realizada según UNE 7-401-76, no será inferior a:

- Para alambres destinados a obras hidráulicas o sometido a ambiente corrosivo ... .. 7
- En los demás casos ... .. 3

La relajación a las 1.000 horas, a temperatura de  $20 \pm 1^\circ \text{C}$  y para una tensión inicial igual al 70 por 100 de la carga unitaria máxima  $f_{max}$  garantizada, determinada según UNE 7-288-73, no será superior a los siguientes valores:

- Alambres de diámetro menor de 5 mm (o de sección equivalente) 8 % (es decir, grado R-8)
- Alambres de diámetro igual o superior a 5 mm (o de sección equivalente) ... .. 5 % (es decir, grado R-5)
- Aceros de baja relajación, cualquiera que sea el diámetro del alambre ... .. 2 % (es decir, grado R-2)

Los valores del diámetro nominal, en milímetros, de los alambres, que se utilizarán serán los de la serie siguiente:

3; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 y 12 mm.

Las características geométricas y ponderales de los alambres de pretensado, así como las tolerancias correspondientes, se ajustarán a lo especificado en la UNE (36-095-73 Parte II.

## COMENTARIOS

Las características mecánicas de los alambres se consiguen, en general, mediante un tratamiento térmico de patentado, seguido de un trefilado y de un proceso de envejecimiento acelerado. Los tratamientos termo-mecánicos del proceso de envejecimiento acelerado varían según el sistema de fabricación.

Las características mecánicas también pueden conseguirse mediante tratamientos térmicos de temple y revenido, mediante aleaciones apropiadas y, frecuentemente, por una mezcla de todos ellos.

Cuando, en igualdad de circunstancias se pueda elegir entre varios diámetros, se recomienda utilizar el mayor de ellos con el fin de disminuir la importancia de los posibles defectos superficiales.

## 13.4. Barras

Las características mecánicas de las barras de pretensado, deducidas a partir del ensayo de tracción realizado según UNE 7-262-73, deberán cumplir las prescripciones siguientes:

- La carga unitaria máxima,  $f_{max}$ , no será inferior a 100 kp/mm<sup>2</sup>.
- El límite elástico,  $f_e$ , estará comprendido entre el 75 por 100 y el 90 por 100 de la carga unitaria máxima  $f_{max}$ . Esta relación deberán cumplirla, no sólo los valores mínimos garantizados, sino también los correspondientes a cada una de las barras ensayadas.
- El alargamiento remanente concentrado de rotura (medido sobre base de 10  $\varnothing$  en el caso de sección circular, y de  $L = 11,3 \sqrt{A}$  en el caso de sección A no circular) no será inferior al 6 por 100.
- El módulo de elasticidad tendrá el valor garantizado por el fabricante con una tolerancia del  $\pm 7$  por 100.

Las barras soportarán sin rotura ni agrietamiento el ensayo de doblado especificado en la UNE 7-292-72.

La relajación a las 1.000 horas, a temperatura de  $20 \pm 1^\circ \text{C}$ , y para una tensión inicial igual al 70 por 100 de la  $f_{max}$  garantizada, no será superior al 3 por 100. El ensayo se realizará según UNE 7-288-73.

## COMENTARIOS

Las barras que normalmente se utilizan como armaduras de pretensado son de acero de dureza natural. En ellas, si la carga unitaria de tensado no excede de 75 por 100 del valor correspondiente a su límite elástico, la relajación puede considerarse prácticamente nula.

Las barras para pretensado se producen en un reducido número de fábricas y, en general para unos determinados sistemas de pretensado. No parece oportuno, por lo tanto, dar una información más detallada sobre dimensiones y calidades de las barras que deberá ser suministrada por los fabricantes.

## 13.5. Torzales, cordones y cables

Las características mecánicas de los torzales y cordones de pretensado, deducidas de los ensayos de tracción realizados según UNE 7-326-75, deberán cumplir las limitaciones siguientes:

- La carga unitaria máxima  $f_{max}$  no será inferior a:
  - en torzales ... .. 160 kp/mm<sup>2</sup>
  - en cordones ... .. 170 kp/mm<sup>2</sup>
- El límite elástico  $f_e$  estará comprendido entre los límites siguientes:

- Torzales de grado R9, entre el 78 por 100 y el 95 por 100 de la carga unitaria máxima.
- Torzales de los grados R6 y R3, entre el 85 por 100 y el 95 por 100 de la carga unitaria máxima.
- Cordones entre el 85 por 100 y el 95 por 100 de la carga unitaria máxima.

Esta limitación deberán cumplirla no sólo los valores mínimos garantizados, sino también los correspondientes a cada uno de los elementos ensayados.

- El alargamiento bajo carga máxima no será inferior a los valores que a continuación se indican:
- En torzales, el 3 por 100, medido sobre una base de longitud igual o dos pasos de hélice, como mínimo.
- En cordones, el 3,5 por 100, medido sobre base de 10 diámetros.
- El módulo de elasticidad tendrá el valor garantizado por el fabricante con una tolerancia de  $\pm 7$  por 100.
- Los alambres utilizados en los torzales o cordones, soportarán el mismo número de doblados-desdoblados que el indicado en 13.3.
- La relajación a las 1.000 horas, a temperatura de  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  y para una tensión inicial igual al 70 por 100 de la carga unitaria máxima,  $f_{\text{max}}$ , garantizada según UNE 7-288-73, no será superior a los siguientes valores:
  - torzales de grado R 9 ..... 9 %
  - torzales de grado R 6 ..... 6 %
  - torzales de baja relajación grado R 3 ..... 3 %
  - cordones de relajación normal ..... 6 %
  - cordones de baja relajación ..... 3 %

Las características geométricas y ponderables, así como las correspondientes tolerancias de los torzales y cordones se ajustarán, respectivamente, a lo especificado en las UNE 36-096-74 y UNE 36-098-75.

COMENTARIOS

Cuando en igualdad de circunstancias se pueda elegir entre varios torzales formados por alambres de distintos diámetros, se recomienda utilizar el formado por los de mayor diámetro con el fin de disminuir la influencia de los posibles defectos superficiales.

En la actualidad, los cables de pretensado se preparan a partir de los alambres, torzales o, más frecuentemente, cordones existentes en el mercado, por las empresas suministradoras del sistema de pretensado o también, en algunos casos, por las propias empresas constructoras, con el objeto de lograr los tendones de gran potencia necesarios para proporcionar las importantes fuerzas de pretensado que exigen las modernas estructuras.

En consecuencia, por tratarse de productos no comercializados, no resulta posible normalizar sus características.

13.6. Suministro y almacenamiento

Los alambres de grado R 5 y R 2 se suministrarán en rollos en los que el diámetro de bobinado no habrá de ser inferior a 250 veces el del alambre, y, además, deberán ser autodes-enrollables, es decir, que al dejarlos libres en un suelo horizontal liso presentarán una flecha inferior a 20 cm, en una longitud de 5 metros. Los alambres de grado R 8 podrán suministrarse en rollos de diámetro no inferior a 550 mm.

Las barras se suministrarán en trozos rectos.

Los torzales se suministrarán en rollos cuyo diámetro interior sea igual o superior a 600 mm.

Los cordones se suministrarán en rollos o carretes que, salvo acuerdo en contrario, contendrán una sola longitud de fabricación de cordón; y el diámetro interior del rollo o el del núcleo del carrete no será inferior a 600 milímetros.

Las armaduras de pretensado se transportarán debidamente embaladas y protegidas contra la humedad, deterioro, contaminación, grasas, etc.

Para eliminar los riesgos de oxidación o corrosión, su almacenamiento se realizará en locales ventilados y al abrigo de la humedad del suelo y paredes. En el almacén se adoptarán las precauciones precisas para evitar que pueda ensuciarse el material o producirse cualquier deterioro de los aceros debido a ataque químico, operaciones de soldadura realizadas en las proximidades, etc.

Antes de almacenar las armaduras se comprobará que están limpias, sin manchas de grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación y posterior adherencia.

Las armaduras deben almacenarse cuidadosamente clasificadas según sus tipos, clases y los lotes de que procedan.

El estado de superficie de todos los aceros será siempre objeto de examen antes de su uso, especialmente después de un prolongado almacenamiento en obra o taller, con el fin de asegurarse de que no presentan alteraciones perjudiciales.

COMENTARIOS

Con un diámetro de bobinado no inferior a 250 veces el del alambre se puede asegurar que la tensión producida por

la flexión de enrollamiento en la fibra exterior, se mantiene en la zona elástica del material, con un adecuado margen de seguridad.

El peso de los rollos suele oscilar entre 50 y 250 kg. La longitud de suministro de las barras varía normalmente entre 12 y 14 metros.

El peso normal de los carretes utilizados para el suministro de los cordones, incluida su carga de cordón, es normalmente de 2.000 kg.

Se entiende por longitud de fabricación, la longitud de cordón que generalmente se fabrica con una misma carga de máquina.

13.7. Características que deben poseer las armaduras para poder ser ancladas por adherencia

Las armaduras destinadas a ser ancladas por adherencia deberán poseer unas características adherentes, definidas por su longitud de transmisión y longitud de anclaje, que les hagan adecuadas para su utilización en la forma prevista.

COMENTARIOS

Se entiende por longitud de transmisión de una armadura dada la necesaria para transferir al hormigón, por adherencia, la fuerza de pretensado introducida en dicha armadura; y por longitud de anclaje, la necesaria para garantizar la resistencia del anclaje por adherencia, hasta la rotura del acero.

Con objeto de que estas longitudes no hayan de ser determinadas experimentalmente en cada caso particular, se recomienda que los fabricantes sometan sus productos a homologación de sus características adherentes en un laboratorio oficial (véase artículo 36).

Se consideran adecuadas para su anclaje por adherencia, las armaduras cuya longitud de anclaje resulta inferior a  $100 \varnothing$  en el caso de alambres aislados (siendo  $\varnothing$  el diámetro del alambre) y a 150 veces el diámetro de cada uno de los alambres individuales, si se trata de torzales, cordones o cables.

ARTICULO 14. SISTEMAS DE PRETENSADO

El suministrador del sistema de pretensado deberá facilitar un informe técnico en el que se hagan constar todos los datos que, en relación con su sistema, sea preciso conocer para poder llevar a cabo correctamente tanto el proyecto como la ejecución de las obras.

Cada tipo de anclaje requiere utilizar un equipo de tesado. En general se utilizará el recomendado por el suministrador del sistema.

Todos los aparatos utilizados en las operaciones de tesado deberán encontrarse en buen estado con objeto de que su funcionamiento no ofrezca peligro alguno.

Los aparatos de medida incorporados al equipo de tesado permitirán efectuar las correspondientes lecturas con una precisión del 2 por 100. Deberán contrastarse cuando vayan a empezar a utilizarse, y, posteriormente, cuantas veces sea necesario.

En los bancos de prefabricación de piezas con armaduras pretesas ancladas por adherencia, el tesado deberá efectuarse por medio de dispositivos debidamente experimentados.

COMENTARIOS

El informe técnico a que se refiere el articulado, debe contener, como mínimo, lo siguiente:

- Descripción y características de los elementos fundamentales del sistema (anclajes, empalmes, conductos, etc.), así como de los equipos de tesado e inyección.
- Tipo y características de las armaduras activas que deben utilizarse.
- Datos sobre colocación de tendones y anclajes.
- Coeficientes de rozamiento y valor de penetración de cuñas, en su caso.
- Valor del coeficiente de eficacia del tendón anclado.

Los aparatos que se utilizan para realizar el tesado de las armaduras postesas suelen ser gatos hidráulicos.

Los aparatos de medida deben ser los adecuados para medir las presiones de trabajo de los gatos utilizados. En el caso de emplearse manómetros, resultan especialmente recomendables los de precisión, con dispositivo de seguridad contra el golpe de ariete.

La máxima garantía en la medición del esfuerzo de pretensado se obtiene con el empleo de dinamómetros intercalados detrás del gato, entre el pistón y la armadura que se tesa. En los bancos de prefabricación para el tesado de las

armaduras se utilizarán, además de los gatos hidráulicos, otros dispositivos tales como sistemas de contrapesos, cabrestantes eléctricos y máquinas devanadoras. Estas últimas se emplean preferentemente en la prefabricación de placas y paneles.

#### ARTICULO 15. DISPOSITIVOS DE ANCLAJE Y EMPALME DE LAS ARMADURAS POSTESAS

##### 15.1. Características de los anclajes

Los anclajes deben ser capaces de retener eficazmente los tendones, resistir su carga unitaria de rotura y transmitir al hormigón una carga al menos igual a la máxima que el correspondiente tendón pueda proporcionar. Para ello deberán cumplir las siguientes condiciones:

- El coeficiente de eficacia de un tendón anclado será, al menos, igual a 0,92 en el caso de tendones adherentes y a 0,96 en el caso de tendones no adherentes.
- Los sistemas de anclaje por cuñas serán capaces de retener los tendones de tal forma que una vez finalizada la penetración de cuñas, no se produzcan deslizamientos respecto al anclaje.
- Cuando se prevean efectos de fatiga o grandes variaciones de tensión se utilizarán anclajes adecuados capaces de resistir sin romperse tales acciones.

Los ensayos necesarios para la comprobación de estas características deberán realizarse en condiciones análogas a las que se prevean para la utilización en obra de los anclajes.

El fabricante o suministrador de los anclajes justificará y garantizará las características de los mismos, precisando las condiciones en que deben ser utilizados. En el caso de anclajes por cuñas, deberá hacer constar, especialmente, la magnitud del movimiento conjunto de la armadura y la cuña, por ajuste y penetración.

Los elementos que constituyen el anclaje deberán someterse a un control efectivo y riguroso y fabricarse de modo tal que, dentro de un mismo tipo sistema y tamaño, todas las piezas resulten intercambiables. Además deben ser capaces de absorber, sin menoscabo para su efectividad, las tolerancias dimensionales establecidas para las secciones de las armaduras.

#### COMENTARIOS

Los tipos de anclaje normalmente utilizados pueden clasificarse en dos grandes grupos: anclajes activos y anclajes pasivos.

Los anclajes activos son los que se sitúan en los extremos de los tendones por los cuales se efectúa el tesado. Los tipos más corrientes son los de: cuñas, cabezas recalçadas, rosca, etcétera.

Los anclajes pasivos son los que se sitúan en los extremos de las armaduras por los que no se realiza el tesado. Pueden ser accesibles e inaccesibles según se realice el hormigonado del anclaje después o antes de tesar el tendón respectivamente.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

**14710** ORDEN de 16 de mayo de 1977 por la que se suprime el apartado d) del epígrafe 1843 de las Tarifas de Licencia Fiscal del Impuesto Industrial.

Ilustrísimo señor:

En consideración a la propuesta elevada por la Junta Superior Consultiva de la Licencia Fiscal del Impuesto Industrial de 29 de marzo de 1977,

Este Ministerio se ha servido disponer:

Primero.—Se suprime el apartado d) del epígrafe 1843 de las Tarifas, que clasifica la venta al por menor de garbanzos, arroz, judías y otras legumbres, puntas de jamón, conservas nacionales de frutas, pescado y hortalizas, manteca, quesos y galletas del país, aceite, sal, vino del país y vinagre, aguas minerales, pasta para sopa, azúcar, miel, chocolate, bacalao, tocino y embutidos ordinarios, especies en cortas porciones y sucedáneos del café, velas, cerillas, lamparillas y asperón.

Segundo.—Esta supresión entrará en vigor en 1 de enero de 1978.

Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 16 de mayo de 1977.

CARRILES GALARRAGA

Ilmo. Sr. Director general de Tributos.

**14711** ORDEN de 16 de mayo de 1977 por la que se incluye una nota en los epígrafes 7421 y 7422 de las Tarifas de Licencia Fiscal del Impuesto Industrial.

Ilustrísimo señor:

En consideración a la propuesta elevada por la Junta Superior Consultiva de la Licencia Fiscal del Impuesto Industrial de 29 de marzo de 1977,

Este Ministerio se ha servido disponer:

Primero.—Inclusión en cada uno de los epígrafes 7421 y 7422 de las Tarifas de una nota con la siguiente redacción:

«Nota final.—Los fabricantes matriculados en los apartados de este epígrafe están facultados para instalar en todo el territorio nacional de régimen común, sin pago de otra cuota, la maquinaria y demás artículos que fabriquen, sus piezas de recambio y los accesorios indispensables para el funcionamiento de las instalaciones.»

Segundo.—Esta nota entrará en vigor a partir de la fecha de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 16 de mayo de 1977.

CARRILES GALARRAGA

Ilmo. Sr. Director general de Tributos.

## MINISTERIO DE LA GOBERNACION

**14712** REAL DECRETO 1468/1977, de 17 de junio, por el que se modifican las condiciones de ingreso en el Cuerpo General de Policía.

La complejidad creciente y la judicialización de las tareas asignadas al Cuerpo General de Policía, entre las que predominan con acusada importancia las de prevención y asistenciales a la comunidad social a la que ha de servir, obliga, siguiendo el ejemplo de otros países, a aceptar en su seno, con plenitud de derechos y obligaciones, a la mujer, que con tanta efectividad ha sabido incorporarse en todos los campos de la sociedad.

Las magníficas experiencias recogidas al respecto con la colaboración prestada en algunos campos por funcionarias de los Cuerpos Auxiliares de la Dirección General de Seguridad, aconsejan abordar el problema de su incorporación a las tareas policiales, aprovechando así al máximo las especiales condiciones de que pueden hacer gala en el desarrollo de determinadas funciones.

Por todo lo expuesto, y en virtud de la autorización concedida por la disposición final tercera, dos, del Real Decreto-ley veintidós mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo, de conformidad con el dictamen del Consejo de Estado, a propuesta del Ministro de la Gobernación, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete,

DISPONGO:

Artículo primero.—En lo sucesivo en las pruebas de selección para el ingreso en la Escuela General de Policía podrán ser admitidos candidatos femeninos, en igualdad de condiciones con los varones.

Artículo segundo.—En cada convocatoria de ingreso a la Escuela General de Policía se especificarán el número de vacantes que podrán ser cubiertas por aspirantes femeninos.

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

Los anclajes pasivos suelen ser más sencillos que los activos, ya que no es necesario aplicar en ellos ningún mecanismo; sin embargo, también pueden utilizarse los mismos anclajes activos como pasivos.

En general, los anclajes pasivos pueden clasificarse en tres grupos:

- por adherencia;
- semiadherentes;
- no adherentes.

En los primeros, la fuerza de pretensado se transmite al hormigón por la adherencia entre éste y los elementos del tendón en él embebidos; en los semiadherentes, parte de la fuerza se transmite por adherencia y el resto por apoyo del dispositivo de anclaje sobre el hormigón. En los anclajes pasivos no adherentes, toda la fuerza de pretensado se transmite por apoyo del correspondiente dispositivo de anclaje, igual que en los activos.

Los anclajes por adherencia o los semiadherentes suelen ser más económicos que los no adherentes; pero tienen el inconveniente de que exigen una cierta longitud para la transmisión de toda la fuerza al hormigón por lo que, en el extremo de la pieza, existe una determinada longitud a lo largo de la cual el pretensado no es totalmente efectivo.

Los anclajes por adherencia se calculan de forma que no haya deslizamiento del tendón. Para disminuir la longitud de anclaje resultante del cálculo, los tendones se terminan en espiral o gancho, o se ondulan sus extremos con objeto de aumentar la adherencia con el hormigón.

La utilización de anclajes pasivos inaccesibles por hormigonado, en tendones largos, debe estudiarse cuidadosamente ya que al no poder sustituir estos tendones pueden presentarse, durante la ejecución de la obra, algunos inconvenientes tales como los producidos por la rotura de un alambre o rozamientos superiores a los previstos que tienen difícil solución.

La carga de rotura de tracción de un tendón suele ser, en general, superior a la que es capaz de soportar el conjunto tendón-anclaje.

Coefficiente de eficacia de un tendón anclado es la relación entre la carga de rotura del tendón y el valor medio de la carga máxima que es capaz de resistir el tendón en el ensayo normalizado de tracción de los aceros. Se exige un valor del coeficiente de eficacia superior en el caso de tendones no adherentes debido a que un aumento en la fuerza de dichos tendones se transmite al anclaje mientras que en el caso de tendones adherentes dicho aumento se distribuye a lo largo del tendón por adherencia.

Puede definirse como resistencia a la fatiga de un anclaje la amplitud de carga que puede soportar dicho anclaje en 2.10<sup>6</sup> ciclos, sin ocasionar roturas que supongan una disminución superior al 5 por 100 de la sección inicial del tendón. Como requisito mínimo puede considerarse satisfactorio un anclaje que soporte 2.10<sup>6</sup> ciclos con una amplitud del 0,60 al 0,65 de la carga unitaria máxima a tracción del tendón.

### 15.2. Empalme

Los elementos de empalme de las armaduras activas deberán cumplir las mismas condiciones exigidas a los anclajes en cuanto a resistencia y eficacia de retención.

### COMENTARIOS

Entre los diversos tipos de empalme utilizables pueden citarse, como ejemplo, los constituidos por manguitos roscados (especialmente indicados en el caso de barras), manguitos de cuñas, grapas, alambres enrollados bajo tensión, etc.

### 15.3. Suministro y almacenamiento

Los anclajes y empalmes deben entregarse convenientemente protegidos para que no sufran daños durante su transporte, manejo en obra y almacenamiento.

Deberán guardarse convenientemente clasificados por tamaños y se adoptarán las precauciones necesarias para evitar su corrosión o que puedan ensuciarse o entrar en contacto con grasas, aceites no solubles, pintura o cualquier otra sustancia perjudicial.

### ARTICULO 16. VAINAS Y ACCESORIOS

En los elementos estructurales con armaduras postesas es necesario disponer conductos adecuados para alojar dichas armaduras. Estos conductos pueden formarse, por diversos procedimientos, en la propia masa del hormigón, al construir el elemento. Pero lo más frecuente es utilizar vainas que quedan embebidas en el hormigón de la pieza, o se recuperan una vez endurecido éste.

Las vainas metálicas son, por el momento, las más frecuentemente utilizadas. En general, se presentan en forma de tubos metálicos con resaltes o corrugaciones en su superficie exterior para favorecer su adherencia al hormigón y aumentar su rigidez. Deberán presentar una resistencia suficiente al aplastamiento, para que no se deformen o abollen durante su manejo en obra, bajo el peso del hormigón fresco, la acción de golpes accidentales, etc. Asimismo, deberán soportar el contacto con los vibradores internos, sin riesgo de perforación.

En ningún caso deberán permitir que penetre en su interior, lechada de cemento o mortero, durante el hormigonado. Por ello, los empalmes, tanto entre los distintos trozos de vaina como entre ésta y los anclajes, habrán de ser perfectamente estancos.

El diámetro interior de la vaina, habida cuenta del tipo y sección de la armadura que en ella vaya a alojarse, será el adecuado para que pueda efectuarse la inyección de forma correcta.

Los accesorios más utilizados son:

- *Tubo de purga o purgador.*—Pequeño segmento de tubo que comunica los conductos de pretensado con el exterior y que se colocan, generalmente, en los puntos altos y bajos de su trazado para facilitar la evacuación del aire y del agua del interior de dichos conductos y para seguir paso a paso el avance de la inyección. También se les llama respiradero.
- *Boquilla de inyección.*—Pieza que sirve para introducir el producto de inyección en los conductos en que se alojan las armaduras activas.
- *Separador.*—Pieza generalmente metálica o de plástico que en algunos casos se emplea para distribuir uniformemente dentro de las vainas las distintas armaduras constituyentes del tendón.
- *Trompeta de empalme.*—Es una pieza de forma generalmente troncocónica, que enlaza la placa de reparto con la vaina.  
En algunos sistemas de pretensado la trompeta está integrada en la placa de reparto y su forma es característica.

El suministro y almacenamiento de las vainas y sus accesorios se realizará adoptando precauciones análogas a las indicada para las armaduras.

### COMENTARIOS

Para formar los conductos en la propia masa del hormigón pueden utilizarse barras de acero del diámetro adecuado, que se retiran cuando estando el hormigón todavía fresco ha alcanzado ya la resistencia suficiente para que el hueco dejado por la barra al ser extraída no se deforme. Este procedimiento se utiliza principalmente en los casos de construcción

de piezas por dovelas de longitud moderada. No es aplicable en el caso de armaduras de trazado curvo.

Entre los tipos de vaina que se recuperan una vez endurecido el hormigón, deben citarse las constituidas por tubos de goma hinchables, de resistencia adecuada, que sobresalen por los extremos de las piezas. Para extraerlas, se desinflan primero y se sacan después tirando por uno de sus extremos salientes. Pueden utilizarse incluso para piezas de gran longitud, y con armaduras de trazado tanto recto como poligonal o curvo.

Para conseguir la necesaria estanquidad en los empalmes de las vainas metálicas se recomienda recubrirlos con cinta adhesiva o cualquier otro procedimiento análogo. En los puntos difíciles del trazado de las vainas o en su unión con los anclajes, podrá recurrirse al empleo de mástiques especiales que garanticen la estanquidad requerida.

En general, se consigue una correcta inyección cuando el diámetro interior de la vaina supera al del tendón que en ella se aloja en 5 a 10 mm; por otra parte, conviene que la relación entre la sección de la vaina y la de la armadura sea del orden de 1,5 a 2.

Las aberturas dispuestas a lo largo del trazado de las vainas deben permitir también la evacuación del agua que haya podido quedar en éstas, al lavarlas, antes de enfilar las armaduras o proceder a la inyección. Para la formación de estas aberturas, de los tubos de purga se recurre al empleo de piezas especiales accesorias en T.

Tanto los separadores como las trompetas de empalme de las vainas con los anclajes, pueden ser de tipos muy distintos. En general, cada sistema de pretensado tiene adoptado un modelo característico.

#### ARTICULO 17. PRODUCTOS DE INYECCION

##### 17.1. Generalidades

Con el fin de asegurar la protección de las armaduras activas contra la corrosión, en el caso de tendones alojados en conductos o vainas dispuestas en el interior de las piezas, deberá procederse al relleno de tales conductos o vainas utilizando un producto de inyección adecuado.

Los productos de inyección estarán exentos de sustancias tales como cloruros, sulfuros, nitratos, etc., que supongan un peligro para las armaduras, el propio material de inyección o el hormigón de la pieza.

Los productos de inyección pueden ser adherentes o no, debiendo cumplir, en cada caso, las condiciones que en 17.2 y 17.3 se indican.

##### COMENTARIOS

Hay que tener en cuenta que las armaduras que se utilizan en las obras pretensadas resultan especialmente sensibles a cualquier sustancia que provoque o favorezca la corrosión, no sólo por su mayor superficie específica con relación a las barras de hormigón armado, sino también, y en mayor medida, por el estado de tensión elevada a que se encuentran sometidas una vez tesas.

##### 17.2. Productos de inyección adherentes

En general, estos productos estarán constituidos por lechadas o morteros de cemento y sus componentes deberán cumplir las siguientes condiciones:

- El cemento será de tipo portland. Para poder utilizar otros cementos será preciso una justificación especial.
- El agua no tendrá un pH inferior a 7.
- Cuando se utilicen áridos para la preparación del material de inyección deberán estar constituidos por granos silíceos o calcáreos, exentos de iones ácidos y de partículas laminares tales como las de mica o pizarra.
- Podrán utilizarse aditivos si se demuestra, mediante los oportunos ensayos, que su empleo mejora las características del producto de inyección, por ejemplo, aumentando la facilidad de su puesta en obra, reduciendo la tendencia a la decantación, sirviendo como aireante o para provocar una expansión controlada de la lechada. En cualquier caso, deberá tenerse en cuenta lo indicado en el segundo párrafo de 17.1.
- La relación agua/cemento deberá ser la más baja posible compatible con la necesidad de obtener la fluidez precisa para poder realizar la inyección de forma adecuada.
- La exudación del mortero o lechada de inyección, determinada según se indica en el «Ensayo de estabilidad de la inyección» descrito en el Anejo 3 de la presente Ins-

trucción, no debe exceder del 2 por 100, en volumen, transcurridas tres horas desde la preparación de la mezcla. En casos excepcionales podrá admitirse hasta un 4 por 100 como máximo. Además, el agua exudada deberá reabsorberse pasadas veinticuatro horas.

- La reducción de volumen de la mezcla no excederá del 3 por 100, y la expansión volumétrica eventual será inferior al 10 por 100. Estos valores se determinarán de acuerdo con lo indicado en el mismo «Ensayo de estabilidad de la inyección» citado en el párrafo anterior.
- La resistencia a compresión, a 28 días, de la mezcla de inyección no será inferior a 300 kp/cm<sup>2</sup> (véase artículo 75).

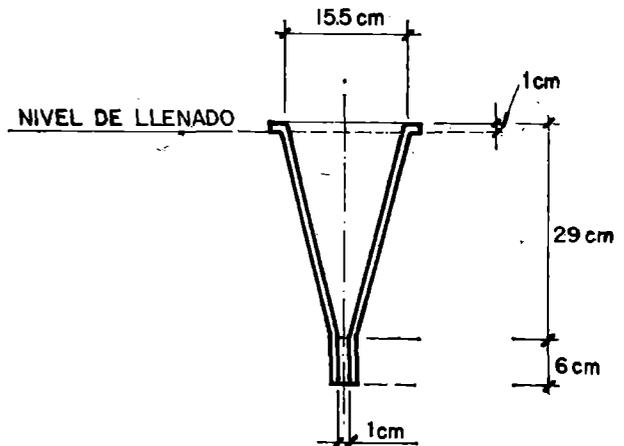


Fig. 17.2

Aparte de las lechadas y morteros de cementos podrán utilizarse otros materiales como productos de inyección adherentes, siempre que se justifique su adecuación mediante ensayos de suficiente garantía.

##### COMENTARIOS

El relleno de los conductos con una inyección adherente, tiene como fin proteger las armaduras activas y proporcionar la adherencia adecuada entre éstas y el hormigón de la pieza.

Es conveniente que las armaduras estén rodeadas por un material cuya alcalinidad sea elevada, para evitar su corrosión. Por esta causa se recomienda el uso del cemento portland, salvo en casos debidamente justificados.

En general, el batido de la lechada o mortero debe ser enérgico, a fin de producir un material muy trabado y, si es posible, de carácter coloidal.

Si el material de inyección es un mortero, la granulometría de éste debe ser prácticamente continua, ya que las discontinuidades favorecen la separación del árido y la lechada, durante la inyección, dando lugar a nidos de arena que dificultan el perfecto llenado de la vaina.

Por otra parte, la experiencia demuestra que las arenas rodadas, silíceas y limpias, aumentan la inyectabilidad de los morteros, debido a la forma redondeada de sus granos.

En cuanto a la relación agua/cemento, conviene que sea reducida, no sólo por razones de resistencia mecánica, sino también por otros motivos, como la resistencia a las heladas y la retracción del material inyectado. La experiencia demuestra que, para una mezcla pura de cemento y agua, la relación agua/cemento idónea varía entre 0,38 y 0,43. Para otros tipos de mezclas será necesario determinar, en cada caso, la relación agua/cemento apropiada.

La resistencia a la helada de las lechadas o morteros puede considerarse satisfactoria si el producto de inyección contiene un 3 por 100, como mínimo, de burbujas de aire incorporadas una vez reabsorbida el agua de segregación.

La fluidez de la lechada o mortero y su capacidad de retención de agua, condicionan la perfecta colmatación de los conductos o vainas. Un aumento de fluidez facilita la inyección pero puede provocar, posteriormente, una exudación mayor en el material inyectado y, como consecuencia, un defectuoso relleno de los conductos.

Por tanto, si la fluidez que produce la máxima exudación admitida no es suficiente para realizar la inyección, será necesario emplear un producto aero-fluidificante, sin añadir más agua al mortero o utilizar como adición una sustancia fina-

mente dividida —trass, tierra de diatomeas, etc.— que permita incrementar el agua de amasado y en consecuencia la fluidez, sin que aumente por ello la exudación, ya que esos materiales finamente divididos mejoran la capacidad de retención de agua.

La fluidez de la lechada o mortero de inyección puede medirse por el tiempo que un volumen determinado de lechada tarda en salir por un viscosímetro, tal como el indicado en la figura 17.2. Podrán también emplearse otros procedimientos siempre que previamente se demuestre, mediante ensayos, que resultan adecuados para el fin propuesto.

Ya se ha indicado que, según su fluidez, cada tipo de mezcla tiene un campo específico de aplicación. Conviene aclarar que los límites inferiores de fluidez vienen, en general, dados por la necesidad de obtener la suficiente inyectabilidad y los superiores por las exigencias relativas a la resistencia a compresión, la reducción de volumen y la exudación.

#### 17.3. Productos de inyección no adherentes

Estos productos estarán constituidos por betunes, mástiques bituminosos o, en general, cualquier material adecuado para proporcionar a las armaduras activas la necesaria protección sin que se produzca adherencia entre éstas y los conductos.

Para poder autorizar su utilización será preciso que se hayan realizado previamente los oportunos ensayos que garanticen su idoneidad.

#### COMENTARIOS

Los productos de inyección no adherentes suelen utilizarse como protección de carácter temporal de las armaduras activas cuando hay que retesar en el caso de tener que realizar un control continuo de tensiones, y en otras circunstancias análogas.

### CAPITULO III

#### Ejecución

#### ARTICULO 18. CIMBRAS, ENCOFRADOS Y MOLDES

Las cimbras, encofrados y moldes, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asentamientos ni deformaciones perjudiciales, las acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y, especialmente, bajo las presiones del hormigón fresco o los efectos del método de compactación utilizado.

Los encofrados y moldes serán suficientemente estancos para impedir pérdidas apreciables de lechada, dado el modo de compactación previsto.

Los encofrados y moldes de madera se humedecerán para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón. Por otra parte, se dispondrán las tablas de manera que se permita su libre entumecimiento, sin peligro de que se originen esfuerzos o deformaciones anormales.

Las superficies interiores de los encofrados y moldes aparecerán limpias en el momento del hormigonado. Para facilitar esta limpieza en los fondos de pilares y muros, deberán disponerse aberturas provisionales en la parte inferior de los encofrados correspondientes.

Cuando sea necesario, y con el fin de evitar la formación de fisuras en los paramentos de las piezas, se adoptarán las oportunas medidas para que los encofrados y moldes no impidan la libre retracción del hormigón.

Debe tenerse en cuenta, además, que en el caso del hormigón pretensado adquiere primordial importancia la comprobación de que las cimbras, encofrados y moldes permitan las deformaciones de las piezas en ellos hormigonadas y resistan adecuadamente la redistribución de cargas que como consecuencia se originan, durante el tesado de las armaduras y la transmisión del esfuerzo de pretensado al hormigón. Especialmente, las cimbras, encofrados y moldes deben permitir, sin coartarlos, los acortamientos de los elementos que en ellos se construyen.

En el caso de prefabricación de piezas en serie, cuando los moldes que forman cada bancada sean independientes, deberán estar perfectamente sujetos y arriostrados entre sí para impedir movimientos relativos durante la fabricación. Por el contrario, el conjunto de moldes deberá poderse mover libremente para no coartar la eficacia de la compactación.

Si se utilizan productos para facilitar el desencofrado o desmoldeo de las piezas, dichos productos no deben dejar rastros en los paramentos de hormigón, ni deslizar por las superficies verticales o inclinadas de los moldes o encofrados. Por otra parte, no deberán impedir la ulterior aplicación de reves-

timientos ni la posible construcción de juntas de hormigonado, especialmente cuando se trate de elementos que posteriormente vayan a unirse entre sí, para trabajar solidariamente. Como consecuencia, el empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado, en cada caso, por el Director de obra.

Como norma general, se recomienda utilizar para estos fines barnices antiadherentes compuestos de siliconas o preparados a base de aceites solubles en agua o grasa diluida, evitando el uso de gasoil, grasa corriente o cualquier otro producto análogo.

#### COMENTARIOS

A efectos de la presente Instrucción, encofrado es el elemento destinado al hormigonado «in situ» de una parte cualquiera de la estructura, y molde el que se utiliza con el mismo objeto pero cuando el hormigonado no se hace «in situ», sino a pie de obra o en una planta o taller de fabricación.

Conviene que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establezca los límites máximos que puedan alcanzar los movimientos de las cimbras, encofrados y moldes. A título de orientación, pueden fijarse los de cinco milímetros para los movimientos locales y la milésima de la luz para los de conjunto.

La presión estática ejercida por el hormigón sobre los encofrados o moldes, aumenta, como es sabido, con la altura de la masa fresca contenida en los mismos. Por otra parte, la aplicación del vibrado para compactar el hormigón, así como el empleo de fluidificantes, origina presiones adicionales. Por todo ello, cuando la velocidad de hormigonado vaya a ser elevada, cuando se compacte por vibrado o cuando se utilicen fluidificantes, será preciso cuidar especialmente la buena terminación de los encofrados o moldes, así como adoptar las adecuadas precauciones que garanticen su necesaria rigidez, y reducir al mínimo el número de sus juntas, reforzándolas convenientemente.

Por lo que respecta a la rigidez de los moldes o encofrados, necesaria para que la sección transversal de la pieza se mantenga constante, conviene subrayar que en los elementos de hormigón pretensado las tolerancias en las dimensiones tienen que ser menores que en hormigón armado dado que normalmente las piezas son más esbeltas y sus espesores más reducidos.

Cuando la luz de un elemento sobrepase los seis metros, se recomienda disponer las cimbras y encofrados o moldes de manera que, una vez retirados y cargada la pieza, ésta presente una ligera contraflecha (del orden del milésimo de la luz) para conseguir un aspecto agradable.

En el momento de la transferencia, es decir, cuando la fuerza de pretensado introducida en las armaduras activas se transmite al hormigón, el elemento que se construye experimenta una serie de deformaciones y nuevos estados de carga que es preciso tener en cuenta en el proyecto de las correspondientes cimbras y encofrados o moldes.

Así, por ejemplo, en una viga isostática con fuerza de pretensado excéntrica, la pieza adquiere una contraflecha y, como consecuencia, todo su peso propio que inicialmente actuaba distribuido a lo largo del molde o encofrado, se concentra en los extremos. Por otra parte, el elemento de hormigón debe experimentar un acortamiento elástico instantáneo y si la superficie interior de los moldes o encofrados impide o dificulta (por adherencia, rozamiento, presencia de resaltes, etc.) este acortamiento, los esfuerzos de tracción que como consecuencia se producen, pueden dar lugar a la fisuración de dicho elemento.

La necesidad de mantener perfectamente arriostrados entre sí los moldes individuales situados en una misma bancada de prefabricación, se justifica por el hecho de que como el trazado de las armaduras activas ancladas en los estribos extremos de la bancada es constante a lo largo de ésta, si los moldes no se encuentran perfectamente alineados la distribución de dichas armaduras y sus recubrimientos variarán de un molde a otro y, por consiguiente, las características resistentes de las piezas en ellos fabricadas.

#### ARTICULO 19. COLOCACION DE LAS ARMADURAS PASIVAS

##### 19.1. Generalidades

Las armaduras pasivas se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. Se dispondrá de acuerdo con las indicaciones del proyecto, sujetas entre sí y al encofrado o molde de manera que no puedan experimentar movimientos durante el vertido

y compactación del hormigón, y permitan a éste envolverlas sin dejar coqueas.

Se recomienda colocar las barras dobladas a una distancia libre de los paramentos no inferior a dos diámetros.

En vigas y en elementos análogos, las barras que se doblen deberán ir convenientemente envueltas por cercos o estribos en la zona del codo. Esta disposición es siempre recomendable, cualquiera que sea el elemento de que se trate.

Cuando exista el peligro de que se puedan confundir unas barras con otras, se prohíbe el empleo simultáneo de aceros de características mecánicas diferentes. Se podrán utilizar, no obstante, en un mismo elemento dos tipos diferentes de aceros para las armaduras pasivas: uno para la armadura principal y otro para los estribos.

En la ejecución de las obras se cumplirá en todo caso lo indicado en 19.5 «Anclaje de las armaduras pasivas» y 19.6 «Empalme de las armaduras pasivas».

#### COMENTARIOS

Los calzos y apoyos provisionales de las armaduras pasivas en los encofrados o moldes pueden ser de hormigón, mortero, amianto-cemento o material plástico, desaconsejándose el empleo de los de madera. Tampoco es conveniente utilizar para estos fines elementos metálicos si han de quedar vistos, pues podrían perjudicar la durabilidad de la obra, o su buen aspecto.

Si los calzos son de hormigón, éste deberá ser en cuanto a resistencia, permeabilidad, higroscopicidad, dilatación térmica, etcétera, de una calidad comparable a la del utilizado en la construcción de la pieza. Análogamente, si son de mortero, la calidad de éste será semejante a la del mortero extraído del hormigón de la obra.

Cuando se utilicen apoyos de material plástico, para asegurar su buen enlace con el hormigón de la pieza, aquéllos deberán presentar orificios cuya sección total sea al menos equivalente al 25 por 100 de la superficie bruta del calzo.

#### 19.2. Doblado de las armaduras

Las armaduras pasivas se doblarán ajustándose a los planos e instrucciones del proyecto. En general esta operación se realizará en frío y a velocidad moderada, preferentemente por medios mecánicos, no admitiéndose ninguna excepción en el caso de aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales. Únicamente en el caso de acero ordinario, cuando el diámetro de las barras sea igual o superior a 25 mm, se admitirá el doblado en caliente, cuidando de no alcanzar la temperatura correspondiente al rojo cereza oscuro (unos 800° C) y dejando luego enfriar lentamente las barras calentadas. El doblado de las barras se realizará, salvo indicación en contrario del proyecto, con radios interiores  $r$  que cumplan la doble condición:

$$r \geq 5 \varnothing$$

$$r \geq \frac{f_y}{3f_{ck}} \varnothing$$

siendo:

$\varnothing$  = diámetro nominal de la barra (véase su definición en 12.1).

$f_y$  = límite elástico del acero;

$f_{ck}$  = resistencia de proyecto del hormigón (véase su definición en 35.1) expresada en las mismas unidades que  $f_y$ .

Los cercos o estribos podrán doblarse con radios inferiores a los que resultan de la doble limitación anteriormente indicada, con tal de que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración.

No se admitirá el enderezamiento de codos, incluidos los de suministro, salvo cuando esta operación pueda realizarse sin daño, inmediato o futuro, para la barra correspondiente.

#### COMENTARIOS

La velocidad con que se realice la operación de doblado debe tener en cuenta el tipo de acero y la temperatura ambiente. A este efecto se recuerda que, con bajas temperaturas, pueden producirse roturas frágiles por choque o doblado brusco.

La limitación impuesta en el artículo que se comenta, para el radio interior de doblado de las barras, proporciona valores comparables a los indicados en otras Instrucciones extranjeras y según se ha podido comprobar experimentalmente, resulta suficientemente segura, en especial si se respetan las prescripciones relativas a distancias al paramento y colocación de

cercos en los codos. Aunque sea elemental, debe recordarse también a este respecto, la conveniencia de no doblar, en una misma sección de la pieza, un número elevado de barras, con objeto de no crear una concentración de tensiones en el hormigón que pudiera llegar a ser peligrosa.

Cuando los dobles se efectúen en zonas fuertemente solicitadas, o si el proyectista desea hacerlos con radios menores que los prescritos en el articulado, deberá estudiarse el valor mínimo que se puede asignar a dichos radios sin que peligre la zona de hormigón correspondiente al cambio de dirección de la armadura teniendo en cuenta que el efecto de las tracciones que tienden a desgarrar el hormigón suele ser más perjudicial que el de las compresiones directamente originadas por el codo. En estos casos, es siempre necesario rodear con cercos o estribos, en las zonas correspondientes a los codos, las barras dobladas.

Respecto al doblado de cercos o estribos, sobre todo si son de acero especial, se llama la atención sobre el riesgo que entraña realizar esta operación con radios pequeños, por la posibilidad de que se produzca un principio de fisuración, visible o no, con el consiguiente peligro de futura corrosión para la barra. Idéntico riesgo se corre al tratar de enderezar un codo.

#### 19.3. Distancias entre las barras de las armaduras pasivas

Las prescripciones que siguen son aplicables a las obras ordinarias ejecutadas «in situ». Cuando se trate de obras provisionales, o en los casos especiales de ejecución particularmente cuidada (por ejemplo, elementos prefabricados, con riguroso control), se podrán disminuir las distancias mínimas que se indican, previa justificación especial.

A) La distancia horizontal libre entre dos barras consecutivas, salvo lo indicado en D), será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- un centímetro;
- el diámetro de la mayor;
- el valor correspondiente al apartado a) del 9.2.

B) La distancia vertical libre entre dos barras consecutivas, salvo lo indicado en C) será igual o superior al mayor de los dos valores siguientes:

- un centímetro;
- 0,75 veces al diámetro de la mayor.

C) En forjados, vigas y elementos similares, se podrán colocar dos barras de la armadura pasiva principal en contacto, una sobre otra, siempre que sean de acero de alta adherencia. Se recomienda que, en tales casos, todas estas parejas de barras vayan bien sujetas por estribos o armaduras transversales análogas.

D) En soportes y otros elementos verticales se podrán colocar dos o tres barras de la armadura pasiva principal en contacto, siempre que sean de acero de alta adherencia. Se recomienda que, en tales casos, todos estos grupos de barras vayan bien sujetos por estribos o armaduras transversales análogas.

En los casos C) y D), para evitar la concentración de esfuerzos sobre el hormigón en los puntos singulares del trazado de las armaduras pasivas, se procurará distanciar, en 40 diámetros por lo menos, los codos, anclajes, etc., de las distintas barras de cada grupo. Por otra parte, a efectos de recubrimiento y distancias libres respecto a las armaduras vecinas, se considerará como diámetro de cada grupo el de la sección circular de área equivalente a la suma de las áreas de las barras que lo constituyen.

#### COMENTARIOS

Los cruces de vigas sobre apoyos constituyen un caso especial en el que pueden disminuirse las distancias mínimas indicadas en este apartado, siempre que la ejecución sea particularmente cuidada; es decir, siempre que se asegure un correcto hormigonado del nudo, de manera que todas las barras queden perfectamente envueltas por el hormigón.

Para facilitar la puesta en obra del hormigón, resulta ventajoso a veces el adoptar las disposiciones previstas en los puntos C) y D). Tales disposiciones son aconsejables tan sólo con hormigones de buena calidad, debiendo, además asegurarse el buen recubrimiento de las barras mediante un cuidadoso vibrado de la masa en las zonas de hormigón vecinas.

Es igualmente útil, a menudo, el aparear los estribos, cuando su número es muy grande, con objeto de facilitar el paso del hormigón.

19.4. Distancias a los paramentos

- a) Cuando se trate de armaduras pasivas principales, la distancia libre entre cualquier punto de la superficie lateral de una barra y el paramento más próximo de la pieza, será igual o superior al diámetro de dicha barra.
- b) En las estructuras no expuestas a ambientes agresivos, dicha distancia será, además, igual o superior a:
  - un centímetro, si los paramentos de la pieza van a ir protegidos;
  - dos centímetros, si los paramentos de la pieza van a estar expuestos a la intemperie o a condensaciones (cocinas, cuartos de baño, etc.) o si van a estar en contacto permanente con el agua (depósitos, tuberías, etcétera);
  - dos centímetros en las partes curvas de las barras.
- c) En las estructuras expuestas a ambientes químicamente agresivos o a peligro de incendio, el recubrimiento de las armaduras pasivas vendrá fijado por el proyectista.
- d) La máxima distancia libre entre las armaduras pasivas exteriores y las paredes del encofrado o molde será de 4 cm, pudiendo prescindirse de esta limitación en elementos enterrados o en los hormigonados con técnicas especiales.
- e) El párrafo b) es también aplicable al caso de estribos, barras de montaje o cualquier otro tipo de armaduras pasivas.

COMENTARIOS

Como aclaración a las prescripciones sobre recubrimientos mínimos a continuación se incluye un croquis acotado fig. 19.4 en el que se representa el caso de un cruce de dos barras ortogonales y un estribo, en el supuesto de pieza con paramentos protegidos.

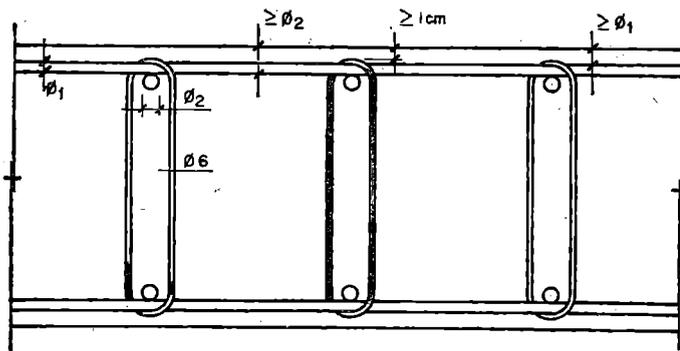


Fig. 19.4

Por lo que respecta a los ambientes químicamente agresivos, conviene recordar que las aguas muy puras, las sulfatadas y las de mar, entre otras, poseen ese carácter en mayor o menor grado.

Debe tenerse en cuenta que la mejor protección para las armaduras es un hormigón de buena resistencia y compacidad. Estas cualidades juegan un papel mucho más importante que el simple espesor del recubrimiento, por grande que éste sea.

En general cuando sean necesarios espesores grandes de recubrimientos, convendrá colocar una malla fina de reparto y sujeción, próxima al paramento de la pieza.

19.5. Anclaje de las armaduras pasivas

19.5.1. Generalidades

Los anclajes extremos de las barras podrán hacerse por gancho, patilla, prolongación recta, o cualquier otro procedimiento (como soldadura sobre otra barra, por ejemplo) garantizado por la experiencia y que sea capaz de asegurar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin peligro para éste.

A efectos de anclaje de las barras en tracción se supondrá la envolvente de momentos flectores trasladada, paralelamente al eje de la pieza, en una magnitud igual al canto útil y en el sentido más desfavorable (fig. 19.5.1.a).

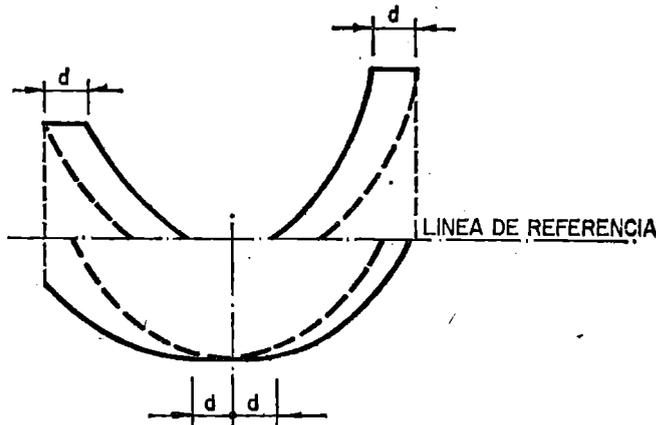


Fig. 19.5.1.a

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

14782

ORDEN de 16 de mayo de 1977 por la que se da nueva redacción al epígrafe 9149 de las Tarifas de Licencia Fiscal del Impuesto Industrial.

Ilustrísimo señor:

En consideración a la propuesta elevada por la Junta Superior Consultiva de la Licencia Fiscal del Impuesto Industrial de 29 de marzo de 1977, este Ministerio se ha servido disponer:

Primero.—Dar al epígrafe 9149 de las Tarifas nueva redacción en los siguientes términos:

«Epígrafe 9149.—Venta al por menor de toda clase de artículos.

	Pesetas
Cuota de:	
En Madrid y Barcelona .....	112.500
En poblaciones de más de 300.000 habitantes .....	75.000
En las de más de 100.000 a 300.000 habitantes .....	45.000
En las de más de 40.000 a 100.000 habitantes .....	30.000
En las de más de 30.000 a 40.000 habitantes .....	22.500
En las de más de 20.000 a 30.000 habitantes .....	15.000
En las de más de 10.000 a 20.000 habitantes .....	10.000
En las de más de 5.000 a 10.000 habitantes .....	6.000

A este epígrafe le son de aplicación las Normas G), D), K), N) y O).»

Segundo.—Esta redacción entrará en vigor en primero de enero de 1978.

Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 16 de mayo de 1977.

CARRILES GALARRAGA

Ilmo. Sr. Director general de Tributos.

14783

ORDEN de 27 de junio de 1977 por la que se modifica el importe de la comisión de pago de los Administradores de Loterías, establecida por la de 1 de diciembre de 1970.

Ilustrísimo señor:

La Orden de 1 de diciembre de 1970 modificó las retribuciones que venían percibiendo los Administradores de Loterías, estableciendo, además de una escala de tipos aplicables, por grados a las ventas anuales, una comisión de pago fijada en el 1 por 100 del precio de venta de los billetes premiados.

ANEXO QUE SE CITA

MODELO DE CERTIFICACION CONJUNTA A QUE SE REFIERE EL ARTICULO 3.º-1

Don ..... y don ....., Secretario e Interventor, respectivamente, de ..... (1).

CERTIFICAMOS:

Primero: Que a la fecha de aprobación, por parte de esta Corporación, del Presupuesto Extraordinario de Liquidación de Deudas previsto por el artículo 3.º del Real Decreto-ley 34/1977, de 2 de junio, existían, como recursos susceptibles de nutrir el estado de ingresos del mismo, en relación con lo dispuesto por el artículo 695 de la Ley de Régimen Local, los siguientes:

CONCEPTO DEL INGRESO

IMPORTE

no existiendo, en consecuencia, en la indicada fecha, ninguno de los restantes recursos que prevé el expresado artículo 695.

Segundo: Que entre el 2 de junio de 1977 y la fecha de aprobación, por parte de esta Corporación, del citado Presupuesto Extraordinario de Liquidación de Deudas, fueron objeto de afectación o destino, en las fechas y por los motivos que a continuación se indican, los recursos que asimismo se señalan de los previstos por el citado artículo 695:

CONCEPTO DEL INGRESO E IMPORTE

MOTIVO Y FECHA DE AFECTACION

Y para que así conste, expedimos la presente certificación, que con el visto bueno del señor Presidente, firmamos en ..... a .....

(1) En los Ayuntamientos donde no exista el cargo de Interventor, conforme al artículo 341-2 de la Ley de Régimen Local, suscribirá la certificación exclusivamente el Secretario-Interventor, con el visto bueno del Alcalde.

**14406** - INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación)

En el caso de que puedan existir efectos dinámicos, las longitudes de anclaje indicadas en 19.5.2 y 19.5.3 se aumentarán en 10 Ø.

Por el contrario, cuando la sección real de acero  $A_{s,real}$  sea superior a la necesaria  $A_{s,nec}$  las longitudes de anclaje indicadas en 19.5.2 y 19.5.3 pueden reducirse en la relación  $A_{s,nec}/A_{s,real}$ , no debiendo adoptar para la longitud resultante valores inferior al mayor de los tres siguientes:

- a) 10 Ø
- b) 15 cm
- c) la tercera parte de la longitud correspondiente al caso en que no se aplique la reducción.

Las longitudes de anclaje dependen de la posición que ocupan las barras en la pieza de hormigón. Se distinguen las dos posiciones siguientes:

- a) Posición I, de adherencia buena: barras formando ángulo de 90º a 45º con el eje o directriz de la pieza; barras menos inclinadas u horizontales situadas en la mitad inferior de la pieza o, al menos 30 cm por debajo de la cara superior de una capa de hormigonado.
- b) Posición II, de adherencia deficiente: barras que no satisfacen las condiciones anteriores.

COMENTARIOS

Quando se utilicen ganchos debe tenerse en cuenta que tales dispositivos no son verdaderamente eficaces más que cuando están recubiertos de un espesor suficiente de hormigón. Por ello, en el caso de vigas es buena práctica inclinar los ganchos con el fin de que queden rodeados de la mayor masa posible de hormigón (fig. 19.5.1.b).

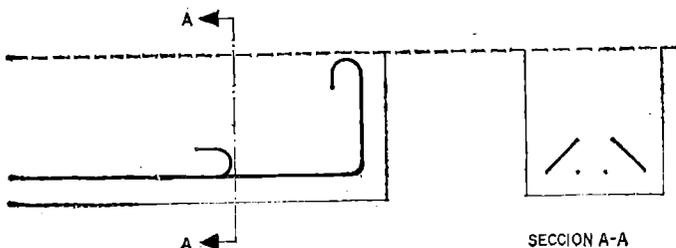


Fig. 19.5.1.b

El punto en que deja de ser necesaria una barra debe calcularse teniendo en cuenta, tanto las solicitaciones normales como las tangenciales. De una manera suficientemente aproximada puede tenerse en cuenta el efecto de la sollicitación tangencial, trasladando la envolvente de las leyes de momentos flectores, paralelamente al eje de la pieza, en una magnitud igual al canto útil y en el sentido más desfavorable.

El esfuerzo que puede desarrollar un anclaje se calculará suponiendo:

- a) Que en la longitud interesada por el anclaje, la tensión de adherencia es constante e igual al valor medio  $\tau_{bm}$ , que se define convencionalmente mediante el ensayo de adherencia por flexión (véase Anejo 5 «Homologación de la adherencia de barras corrugadas» de la EH-73). Esta tensión media coincide, aproximadamente, con la que corresponde a un deslizamiento de 0.1 mm del extremo de la barra dentro del hormigón.
- b) Que en las partes curvas del anclaje se superpone a la adherencia un rozamiento de valor igual a la reacción del acero (considerado como un hilo inextensible enrollado sobre un cilindro), multiplicada por el coeficiente 0.4 de rozamiento entre el acero y el hormigón.

Estas hipótesis conducen, en el anclaje total por prolongación recta, a la siguiente ecuación de equilibrio:

$$A_s \cdot f_{yd} = u \cdot l_{bo} \cdot \tau_{bm}$$

con los siguientes significados:

- $A_s$  = área de la sección transversal de la barra
- $f_{yd}$  = resistencia de cálculo del acero.
- $l_{bo}$  = longitud de anclaje recto
- $u$  = perímetro de la barra
- $\tau_{bm}$  = tensión media de adherencia.

Despejando  $l_{bo}$  queda:

$$l_{bo} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{\tau_{bm}}$$

El valor de  $\tau_{bm}$  depende de muchos factores, pero principalmente de la resistencia del hormigón, del perfil geométrico de la barra, del diámetro de la barra y de la longitud de la probeta. Por ello su determinación es complicada.

En la práctica, y dado que las barras corrugadas están homologadas en cuanto a sus características de adherencia, la tensión  $\tau_{bm}$  ha sido determinada experimentalmente de modo que cuando la tensión de la barra sea  $f_{yd}/\gamma_f$  su deslizamiento

sea despreciable; y cuando alcance el valor  $f_{yd}$ , el deslizamiento no sea superior a 0,1 mm, con lo que se obtiene suficiente seguridad.

Las mencionadas hipótesis de cálculo conducen, en los anclajes con partes curvas, a la ecuación diferencial:

$$A_s \cdot d\sigma_s = (u \cdot r \cdot \tau_{bm} + 0,4 \cdot A_s \cdot \sigma_s) \cdot d\theta$$

con los mismos significados indicados anteriormente, y además:

- $\sigma_s$  = tensión del acero ( $0 \leq \sigma_s \leq f_{yd}$ )
- $r$  = radio de curvatura
- $\theta$  = ángulo en el centro de curvatura

Partiendo del cálculo teórico que queda expuesto, e introduciendo los valores determinados experimentalmente en España para  $\tau_{bm}$ , se obtienen las longitudes prácticas de anclaje indicadas en 19.5.2 y 19.5.3.

19.5.2. Anclaje de las barras lisas

Salvo justificación especial, las barras lisas que trabajan exclusivamente a compresión se anclarán por patilla. En los demás casos las barras se anclarán por gancho.

El gancho normal para barras lisas está formado (fig. 19.5.2.a) por una semicircunferencia de radio inferior igual a 2,5  $\varnothing$  con

una prolongación recta igual a 2  $\varnothing$ . La patilla normal para barras lisas está formada (fig. 19.5.2.b) por un cuarto de circunferencia de radio interior igual a 2,5  $\varnothing$ , con una prolongación recta igual a 2  $\varnothing$ .



Fig. 19.5.2.a

Fig. 19.5.2.b

En la fig. 19.5.2.c se indican las longitudes prácticas de anclaje que se adoptarán para las barras lisas que trabajen a tracción, en los casos de utilización más frecuente. Los valores  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  y  $n_4$  se indican en la Tabla 19.5.2.

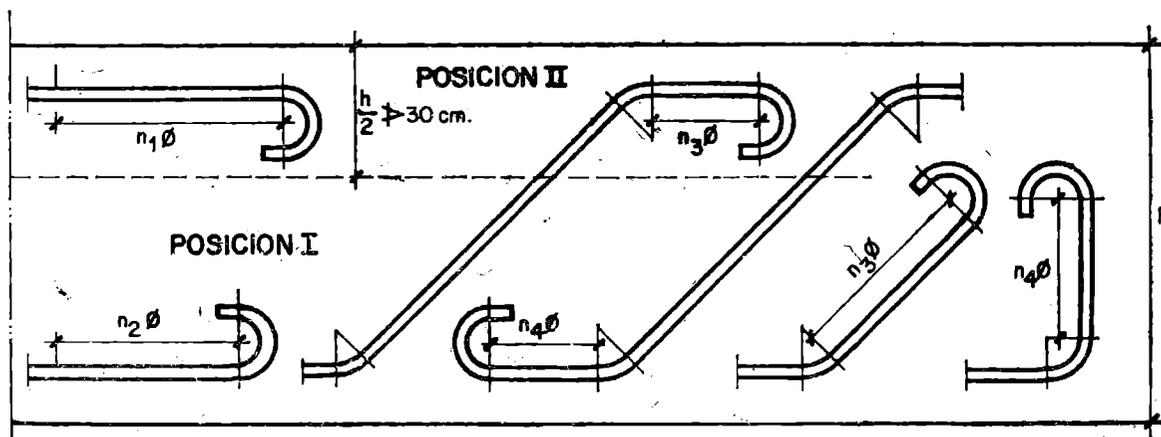


Fig. 19.5.2.c

La longitud de anclaje de las barras lisas con patilla, que trabajan a compresión, será el 60 por 100 de la que correspondería en tracción.

TABLA 19.5.2

Hormigón	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$
H - 250	32	24	14	7
H - 300	28	20	12	6
H - 350	25	18	10	5
H - 400	25	18	10	5
H - 450	25	18	10	5
H - 500	25	18	10	5

COMENTARIOS

Como norma general, es aconsejable disponer los anclajes en zonas en las que el hormigón no esté sometido a tracciones importantes. Por esta causa, a veces, es obligado el empleo de anclajes a 45° o a 90°.

Los diámetros mínimos impuestos a los ganchos y patillas, tienen por objeto limitar las tensiones de compresión localizada en el hormigón en contacto con la parte curva de la armadura. Debe tenerse en cuenta que, a consecuencia de la compresión localizada, pueden aparecer tracciones en el hormigón más perjudiciales que las compresiones originadas por el codo.

19.5.3. Anclaje de las barras corrugadas

Este artículo se refiere a las barras corrugadas cuyas características de adherencia han sido homologadas y cumplen las condiciones establecidas en el artículo 12.

Salvo justificación especial, las barras corrugadas trabajando a tracción o a compresión como armaduras pasivas se anclarán preferentemente por prolongación recta, pudiendo también anclarse por patilla. En cuanto al anclaje por gancho sólo se permite si las barras trabajan a tracción.

El gancho normal para barras corrugadas está formado (figura 19.5.3.a) por una semicircunferencia de radio interior igual a 3,5  $\varnothing$ , con una prolongación recta igual a 2  $\varnothing$ . La patilla normal para barras corrugadas está formada (figura 19.5.3.b) por un cuarto de circunferencia de radio interior igual a 3,5  $\varnothing$  con una prolongación recta igual a 2  $\varnothing$ .

Las longitudes prácticas de anclaje en cm para las barras corrugadas trabajando en tracción se expresan en la figura 19.5.3.c con las limitaciones expresadas en la misma.



Fig. 19.5.3.a

Fig. 19.5.3.b

TABLA 19.5.3

Hormigón	$f_y = 4.200$				$f_y = 4.600$				$f_y = 5.000$			
	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
H - 250 ... ..	18	13	11	7	20	15	12	8	21	16	13	9
H - 300 ... ..	17	12	10	7	18	14	11	8	20	15	12	8
H - 350 ... ..	16	12	9	7	17	13	10	8	18	14	11	8
H - 400 ... ..	16	12	9	7	17	13	10	8	18	14	11	8
H - 450 ... ..	16	12	9	7	17	13	10	8	18	14	11	8
H - 500 ... ..	16	12	9	7	17	13	10	8	18	14	11	8

Los valores de  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  y  $m_4$  se dan en la tabla 19.5.3, con las limitaciones indicadas en la figura 19.5.3.c

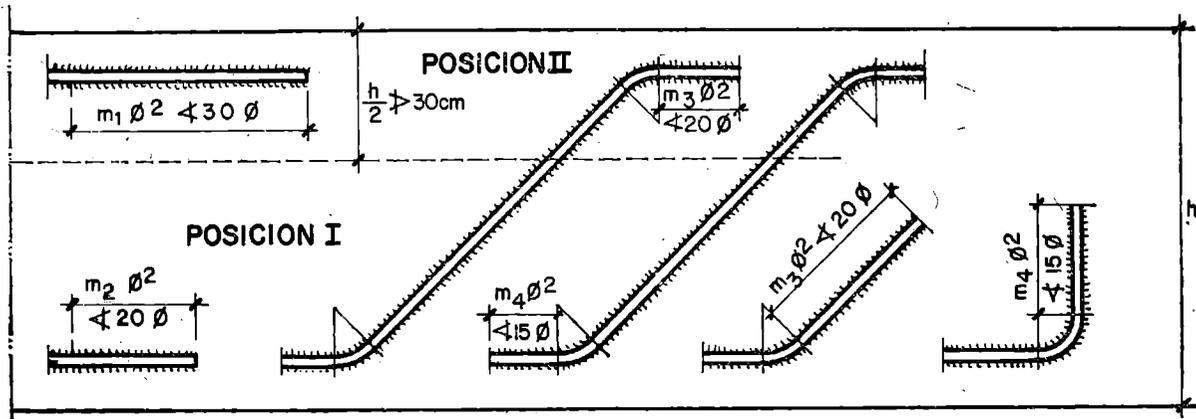


Fig. 19.5.3.c

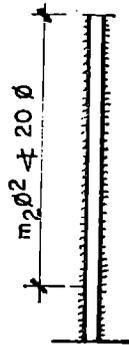


Fig. 19.5.3.d

La longitud de anclaje de las barras corrugadas trabajando en compresión será la indicada en la figura 19.5.3.d con los valores de  $m_2$  indicados en la Tabla 19.5.3

(Continuará.)

## MINISTERIO DE MARINA

14865

REAL DECRETO 1487/1977, de 3 de mayo, por el que se modifica el Decreto 3209/1973, en lo que afecta a la clase, dependencia y límites de algunos Distritos y Provincias Marítimas.

Desde la promulgación del Decreto tres mil doscientos nueve/mil novecientos setenta y tres, de catorce de diciembre («Boletín Oficial del Estado» número trescientos doce), por el que se denominaron y limitaron las Zonas Marítimas, se establecieron las demarcaciones territoriales de las mismas y se dividió el litoral en Provincias y Distritos Marítimos, las autoridades jurisdiccionales correspondientes han propuesto a este Ministerio diversas modificaciones sobre la necesidad de reclasificar, crear y suprimir algunos Distritos Marítimos, así como la de efectuar rectificaciones de límites en algunos Distritos y Provincias Marítimas, que, con la excepción del cambio de clasificaciones por Orden ministerial, al amparo del artículo cuarto del Decreto tres mil doscientos nueve, no fueron aten-

didas en su momento por considerar que había transcurrido muy poco tiempo para modificar dicho Decreto.

De las anteriores propuestas han sido recogidas, en el presente Real Decreto, aquellas que se consideran suficientemente justificadas para un mejor ordenamiento administrativo del litoral.

Por otro lado, se ha considerado conveniente fijar en la presente disposición el plazo mínimo de dos años, a partir de su promulgación, como límite para poder elevar nuevas propuestas de modificación.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Marina y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día tres de mayo de mil novecientos setenta y siete,

### DISPONGO:

Artículo primero.—Se modifica el artículo segundo del Decreto tres mil doscientos nueve/mil novecientos setenta y tres, en los siguientes términos:

— Punto dos, apartado d). La Zona Marítima de Canarias comprende las provincias de Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife.

— Punto tres, queda suprimido totalmente.

Artículo segundo.—Se modifica el punto cuatro del artículo tercero del Decreto tres mil doscientos nueve/mil novecientos setenta y tres, en el sentido de cambiar el cuadro de la división administrativa del litoral, por el del anexo al presente Decreto, en el que figuran modificadas las Provincias Marítimas de San Sebastián, El Ferrol del Caudillo, Villagarcía de Arosa, Vigo, Málaga, Almería, Castellón, Ibiza, Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria y se suprime la de Villa Cisneros.

### DISPOSICIONES FINALES

Primera.—En tanto no transcurra el plazo mínimo de dos años, desde la publicación del presente Real Decreto, no deberán efectuarse nuevas modificaciones al Decreto tres mil doscientos nueve, a no ser que éstas se deban a motivos de urgente necesidad.

Segunda.—Queda derogada la Orden ministerial de diecisiete de abril de mil novecientos cincuenta y dos («Diario Oficial» número noventa) y cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente Real Decreto.

Dado en Madrid a tres de mayo de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de Marina,  
PASCUAL PERY JUNQUERA

	Superior a 18 metros	De 10 a 18 metros	Menos de 10 metros
Edificaciones y mástiles .....	1	2	3

2.3. Queda restringido el uso de los distintivos solamente para Actos Oficiales de Representación, suprimiéndose su uso habitual para todos aquellos sin esta especial característica.

### 3. Confección.

De tejido fuerte de lanilla o fibras artificiales. Los tintes de los colores serán inalterables, en los dibujos o estampados de los escudos, emblemas, estrellas y roeles, por ambas caras. También pueden ser confeccionados con sobrepuestos. En aeronaves y vehículos, los del número 4, podrán ser metálicos.

14945

REAL DECRETO 1512/1977, de 10 de junio, sobre adquisición y construcción de embarcaciones de salvamento.

El Convenio internacional sobre Seguridad de la Vida Humana en la Mar (SEVIMAR) al que España está adherida, obliga a disponer de los medios humanos y materiales necesarios para cumplir con eficacia las obligaciones que del mismo se derivan.

La necesidad de ejecutar el plan previsto por el Ministerio de Comercio (Subsecretaría de la Marina Mercante), situando, en distintos puntos de la costa, embarcaciones de salvamento para cubrir estos servicios, aconseja llevar a cabo la adquisición o construcción de estas embarcaciones durante el período mil novecientos setenta y siete mil novecientos setenta y nueve, ambos inclusive, de acuerdo con lo previsto en el Programa de Inversiones Públicas.

Por otra parte, la índole especial de los servicios que estas embarcaciones deben prestar, aconseja que la dotación, uso y mantenimiento de las mismas se efectúe por la Cruz Roja del Mar, institución que en la actualidad viene desempeñando esta misión con gran eficacia, pero con evidente escasez de medios materiales, y que esta utilización se efectúe en estrecha coordinación con los Ministerios de Marina y Comercio (Subsecretaría de la Marina Mercante).

En su virtud, a propuesta de los Ministros de la Gobernación, Marina y Comercio y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diez de junio de mil novecientos setenta y siete,

### DISPONGO:

**Artículo primero.** Se autoriza a los Ministerios de Marina y de Comercio para adquirir o contratar la construcción de setenta y dos embarcaciones de salvamento en el período de mil novecientos setenta y siete a mil novecientos setenta y nueve con cargo a los créditos previstos en el Programa de Inversiones Públicas.

**Artículo segundo.** Para la ejecución de este plan se utilizarán los créditos correspondientes al Capítulo sexto (Inversión Reales), numeración económica seiscientos veintituno del Servicio doce, Sección veintitres de los Presupuestos Generales del Estado.

**Artículo tercero.** Las embarcaciones a que se refiere el artículo anterior, serán las siguientes: diez para salvamento «todo-tiempo» en las costas atlánticas y cantábricas, quince para salvamento «todo-tiempo» en la costa mediterránea, cuarenta y siete rápidas para patrulla y asistencia inmediata en aguas cercanas al litoral en condiciones normales de tiempo.

**Artículo cuarto.** La dotación, uso y mantenimiento de estas embarcaciones se encomendará a la Cruz Roja Española (Cruz Roja del Mar) estableciéndose al efecto un convenio de cooperación entre el Ministerio de Comercio (Subsecretaría de la Marina Mercante) y dicha institución, en el que se especifiquen las normas por las que habrán de regirse estos extremos.

La actuación de estas embarcaciones en misión de salvamento y su coordinación con los medios de salvamento de la Armada se llevará a cabo de acuerdo con las normas que para estos casos promulgue la Autoridad de Marina correspondiente.

**Artículo quinto.** La adquisición o construcción de embarcaciones se efectuará mediante concurso-subasta entre astilleros

y fábricas nacionales y la dirección e inspección de las obras corresponderá al Ministerio de Comercio (Subsecretaría de la Marina Mercante).

**Artículo sexto.** Una vez adquiridas o construidas estas embarcaciones y efectuadas las pruebas pertinentes por la Subsecretaría de la Marina Mercante, se designará la Comisión que lleve a cabo la fiscalización de la inversión de gastos y la formalización del acta de recepción, tanto provisional como definitiva.

**Artículo séptimo.** Una vez recibidas definitivamente estas embarcaciones, la Subsecretaría de la Marina Mercante las transferirá a la Cruz Roja Española (Cruz Roja del Mar), para dotación, uso y mantenimiento de acuerdo con lo establecido en el convenio a que se refiere el artículo cuarto.

**Artículo octavo.** Se autoriza a los Ministros de la Gobernación, Marina y de Comercio, para que dicten las disposiciones necesarias para el cumplimiento de lo dispuesto en este Real Decreto.

Dado en Madrid a diez de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCÍA

14406

INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 15 de febrero. (Continuación.)

(Continuación.)

La terminación en patilla de cualquier anclaje de barras corrugadas, permite reducir la longitud de anclaje en  $10 \phi$ , no debiendo adoptar para la longitud resultante valores inferiores al mayor de los tres siguientes:

- $10 \phi$
- 15 cm
- la tercera parte del valor correspondiente al caso en que no tuviese patilla.

### COMENTARIOS

Son aplicables al caso de barras corrugadas los mismos comentarios hechos en el apartado anterior para el caso de barras lisas.

Los valores de  $m_1$  y  $m_2$  dados en la Tabla 19.5.3 responden a las siguientes fórmulas:

para barras en posición I:

$$m = 15 \frac{f_r}{4.200} \sqrt{\frac{200}{f_{ct}}}$$

para barras en posición II:

$$m = 20 \frac{f_r}{4.200} \sqrt{\frac{200}{f_{ct}}}$$

con los siguientes significados:

- $f_{ct}$  = resistencia de proyecto del hormigón en  $\text{kp/cm}^2$   
 $f_r$  = límite elástico del acero en  $\text{kp/cm}^2$

Se recuerda que según 12.3 los diámetros superiores a 32 mm requieren un estudio experimental previo de adherencia.

### 19.6. Empalme de las armaduras pasivas

#### 19.6.1. Generalidades

Mientras sea posible, no se dispondrán más que aquellos empalmes indicados en los planos; empalmes que deberán quedar alejados de las zonas en las que la armadura trabaje a su máxima carga.

Los empalmes podrán realizarse por solapo o por soldadura. Se admiten también otros tipos de empalme, con tal de que los ensayos con ellos efectuados demuestren que esas uniones poseen una resistencia a la rotura no inferior a la de cualquiera de las dos barras empalmadas.

Como norma general, los empalmes de las distintas barras de una pieza se distanciarán unos de otros de tal modo que

sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, a más de veinte veces el diámetro de la más gruesa de las barras empalmadas (figura 19.6.1).

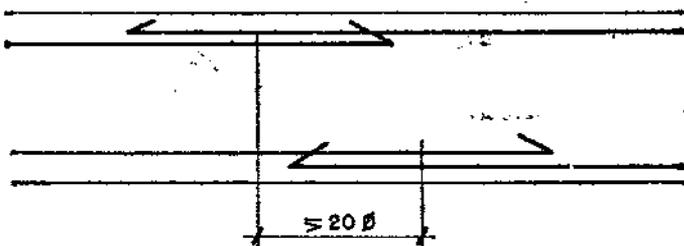


Fig. 19.6.1

## COMENTARIOS

En la medida de lo posible se evitarán los empalmes de barras. Si son necesarios debe indicarse en los planos de obra su posición y la forma en que deben ser ejecutados.

## 19.6.2. Empalmes por solapo

Este tipo de empalme se realizará colocando las barras una sobre otra, o de cualquier otra forma que facilite la ejecución de un buen hormigonado, y zunchando las barras con alambre en toda la longitud del solapo.

Cuando se trate de barras lisas, la longitud del solapo será igual o mayor que la indicada para la longitud de anclaje en 19.5.2 y se terminarán las barras en gancho normal o en patilla normal (véase 19.5.2) según trabajen a tracción o a compresión, respectivamente.

Cuando se trate de barras corrugadas, la longitud del solapo no será inferior a la indicada para la longitud de anclaje en 19.5.3 y no se dispondrán ganchos ni patillas.

## COMENTARIOS

Para asegurar la transmisión del esfuerzo de una barra a otra, es fundamental que el espesor del hormigón existente alrededor del empalme sea suficiente. El valor mínimo recomendable para ese espesor es el de dos veces el diámetro de las barras. En cualquier caso deben respetarse las distancias mínimas establecidas en 19.3 y 19.4 (véase especialmente el punto c) de este último apartado).

Deberá prestarse la mayor atención durante el hormigonado, para asegurar que éste se realiza de un modo adecuado en las zonas de empalmes de barras.

## 19.6.3. Empalmes por soldadura

Siempre que la soldadura se realice con arreglo a las normas de buena práctica de esta técnica, y a reserva de que el tipo de acero de las barras utilizadas presente las debidas características de soldabilidad, los empalmes de esta clase podrán ejecutarse:

- a tope por resistencia eléctrica, según el método que incluye en su ciclo un período de forja;
- a tope al arco eléctrico, achafianando los extremos de las barras;
- por solapo con cordones longitudinales, si las barras son de diámetro no superior a 25 mm.

No podrán disponerse empalmes por soldadura en los tramos curvos del trazado de las armaduras. En cambio, se admitirá la presencia, en una misma sección transversal de la pieza, de varios empalmes soldados a tope, siempre que su número no sea superior a la quinta parte del número total de barras que constituyen la armadura pasiva en esa sección.

## COMENTARIOS

Siendo la soldadura una operación delicada, conviene que los operarios que hayan de realizarla demuestren previamente su aptitud, sometiéndose a las pruebas especificadas en la UNE 14010.

Las soldaduras a tope por resistencia eléctrica deben realizarse con máquinas de regulación automática y de potencia adecuada a los diámetros de que se trate, como garantía de la perfecta ejecución de todo el ciclo. Las secciones que vayan a unirse deberán estar cuidadosamente limpias y cortadas perpendicularmente al eje de la barra.

Las soldaduras a tope al arco eléctrico deben ejecutarse preferentemente en forma simétrica (en punta o en X). Si no

es posible voltear las barras, pueden utilizarse también, especialmente si se trata de barras de diámetros medios o pequeños, las preparaciones en V o en U, siempre que se adopten las medidas necesarias para asegurar una penetración completa y una raíz sana de la soldadura.

En los empalmes por solapo con soldadura eléctrica deberá asegurarse la penetración del cordón a lo largo de la zona en la que las dos barras quedan en contacto. Para ello conviene soldar por ambos lados de la generatriz de contacto.

Cuando el espesor de garganta sea igual a  $\frac{\phi}{2}$  (como normalmente debe ocurrir), la longitud eficaz del cordón de cada lado no será inferior a  $5\phi$ . En caso de que no sea posible soldar más que por un lado (lo que nunca es aconsejable), la longitud eficaz de este cordón único será, por lo menos igual a  $10\phi$ .

Cualquiera que sea el tipo de soldadura empleado se recomienda que el sobreespesor de la junta, en la zona de mayor recargue, no exceda del 10 por 100 del diámetro nominal del redondo empalmado.

A efectos del último párrafo del apartado que se comenta se entenderá que la zona de empalme abarca toda la longitud de la barra afectada por el proceso térmico de la soldadura.

## ARTICULO 20. COLOCACION Y TESADO DE ARMADURAS ACTIVAS

## 20.1. Generalidades

Según su forma de colocación en las piezas se distinguen tres tipos de armaduras activas:

- a) armaduras adherentes;
- b) armaduras en vainas o conductos inyectados adherentes;
- c) armaduras en vainas o conductos inyectados no adherentes;
- d) armaduras exteriores o libres.

La utilización de este último tipo de armaduras no resulta recomendable y deberá recurrirse a él únicamente por razones especiales (retesado, sustitución de alambres, reparaciones, etcétera) y en determinadas condiciones, y exige una permanente vigilancia y adoptar las debidas precauciones para evitar la corrosión del acero y garantizar la durabilidad de los aciajes y de las estructuras.

Hay que tener en cuenta que el empleo de armaduras de los tipos c) y d) disminuye la resistencia de las piezas a rotura por flexión, y da lugar a una mayor abertura de fisuras.

En el momento de su puesta en obra, las armaduras activas deberán estar bien limpias, sin trazas de grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación o su adherencia. No presentarán indicios de corrosión, defectos superficiales aparentes, puntos de soldadura, pliegues o dobleces.

Se prohíbe el enderezamiento en obra de las armaduras activas.

No podrán utilizarse en un mismo tendón, aceros de pretensado de diferentes características, a no ser que se demuestre que no existe riesgo alguno de corrosión electrofítica en tales aceros.

## COMENTARIOS

Entre las materias perjudiciales para la buena conservación y adherencia de las armaduras activas, se considera incluido el óxido.

Los riesgos de corrosión electrofítica de las armaduras, adquieran especial importancia en presencia de sulfuros o cloruros, aunque sólo existan trazas de ellos.

## 20.2. Colocación de las armaduras activas

El trazado real de los tendones se ajustará a lo indicado en el proyecto, colocando los puntos de apoyo necesarios para mantener las armaduras y vainas en su correcta posición. Las distancias entre estos puntos serán tales que aseguren el cumplimiento de las tolerancias de regularidad de trazado indicadas en 20.4.2.

Los apoyos que se dispongan para mantener este trazado deberán ser de tal naturaleza que no den lugar, una vez endurecido el hormigón, a fisuras ni filtraciones.

Por otra parte, las armaduras activas o sus vainas se sujetarán convenientemente para impedir que se muevan durante el hormigonado y vibrado.

Queda prohibido emplear con este objeto la soldadura.

La posición de los tendones dentro de sus vainas o conductos

deberá ser la adecuada. Para ello, si fuese preciso, se recurrirá al empleo de separadores.

No se permitirá dejar las armaduras o sus vainas sobre el fondo del encofrado para ir las levantando después, a medida que se hormigona la pieza, hasta situarlas en la posición requerida.

Cuando se utilicen armaduras pretesas, conviene aplicarles una pequeña tensión previa y comprobar que, tanto los separadores y placas extremas como los alambres, están bien alineados y que éstos no se han enredado ni enganchado.

Antes de autorizar el hormigonado, y una vez colocadas y, en su caso, tesas las armaduras se comprobará si su posición, así como la de las vainas, anclajes y demás elementos, concuerdan con la indicada en los planos, y si las sujeciones son las adecuadas para garantizar su invariabilidad durante el hormigonado y vibrado. Si fuera preciso, se efectuarán las oportunas rectificaciones.

COMENTARIOS

Cualquier irregularidad en el trazado de las armaduras respecto a su correcta posición, modifica la distribución de tensiones en la sección transversal de la pieza y puede engendrar sollicitaciones no previstas en los cálculos, susceptibles de dañar o fisurar el hormigón. También puede afectar al valor del rozamiento de los tendones en sus vainas.

Por este motivo habrá que conocer todos los datos necesarios para lograr dar a las armaduras su trazado adecuado, y proceder a los oportunos controles, durante las diferentes fases de la construcción, para asegurarse de que se mantiene dicho trazado.

El número y distribución de los apoyos depende de numerosas variables, como, por ejemplo: orientación del encofrado (horizontal o vertical); resistencia de los apoyos; peso y rigidez de los tendones o vainas, y modo de hormigonar. No es posible, por lo tanto, dar indicaciones concretas al respecto.

La tracción previa que conviene aplicar a las armaduras pretesas puede valorarse, en 25 kg por alambre para diámetros de hasta 5 mm y en 450 kg para alambres de diámetros superiores. Esta carga resulta, en general, suficiente para poder considerar que los alambres quedan rectos.

20.3. Distancias entre armaduras activas. Recubrimientos

20.3.1. Armaduras pretesas

Como norma general, las distancias mínimas entre las armaduras pretesas que vayan a ser ancladas por adherencia, serán las mismas prescritas en el artículo 19.

En cuanto a los recubrimientos se fijarán teniendo en cuenta la clase de comportamiento que haya sido adoptada para el elemento, de acuerdo con lo que se indica en 40.3.

Cuando el elemento haya de ser comprobado en Clase I, se admitirán los siguientes recubrimientos mínimos para las armaduras longitudinales:

— Para  $\varnothing \leq 3$  mm siendo  $\varnothing$  el diámetro máximo de las armaduras:

- 8 mm para piezas en ambientes protegidos;
- 10 mm para piezas en ambientes no protegidos;
- 13 mm para piezas sometidas a la acción de ambientes agresivos.

— Para diámetros superiores:

- 10 mm para piezas en ambientes protegidos;
- 12 mm para piezas en ambientes no protegidos;
- 15 mm para piezas sometidas a la acción de ambientes agresivos.

El recubrimiento mínimo de las armaduras transversales será de 7 mm.

En el caso de piezas que hayan de ser comprobadas en Clase II o Clase III, se tendrán en cuenta los recubrimientos prescritos en el artículo 19.

En piezas expuestas a la acción de agentes corrosivos, así como en aquéllas que deban satisfacer especiales exigencias de resistencia al fuego, habrá que aumentar los recubrimientos o recurrir a otras medidas de protección.

COMENTARIOS

Son de aplicación los del artículo 19. Conviene señalar que, como el diámetro de las armaduras pretesas suele ser muy pequeño, por lo que respecta a la distancia mínima entre ellas

es, en general, la limitación de 1 cm, la que debe ser considerada.

20.3.2. Armaduras postesas

Como norma general se admite colocar en contacto diversas vainas formando grupo, limitándose a dos en horizontal y a no más de cuatro en su conjunto. Para ello, las vainas deberán ser corrugadas y, a cada lado del conjunto habrá de dejarse espacio suficiente para que pueda introducirse un vibrador normal interno.

Las distancias libres entre vainas o grupos de vainas en contacto, o entre estas vainas y las demás armaduras, deberán ser al menos iguales a:

- en dirección vertical: una vez la dimensión vertical de la vaina o grupo de vainas.
- en dirección horizontal: para vainas aisladas, una vez la dimensión horizontal de la vaina; para grupos de vainas en contacto, 1,8 veces la mayor de las dimensiones de las vainas individuales que forman el grupo.

En cuanto a recubrimientos, en el caso de estructuras situadas en ambientes no agresivos o poco agresivos, los valores mínimos serán por lo menos iguales al mayor de los límites siguientes (véase figura 20.3.2).

- en dirección vertical:
  - 4 cm;
  - la dimensión horizontal de la vaina o grupo de vainas en contacto.
- en dirección horizontal:
  - 4 cm;
  - la mitad de la dimensión vertical de la vaina o grupo de vainas en contacto.
  - la dimensión horizontal de la vaina o grupo de vainas en contacto.

En casos particulares, cuando existan atmósferas fuertemente agresivas o especiales riesgos de incendio, estos recubrimientos deberán aumentarse.

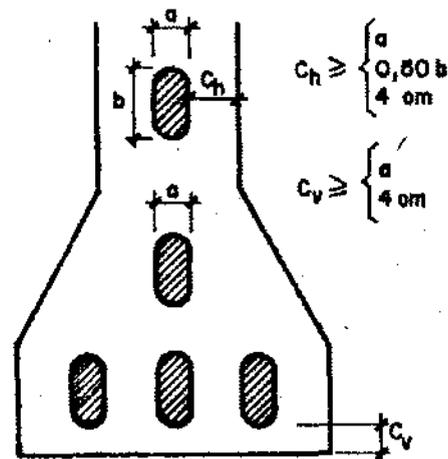


Fig. 20.3.2

COMENTARIOS

El intervalo entre armaduras, estimado como necesario para poder introducir sin riesgo un vibrador normal interno, es el de 6 cm.

Las prescripciones citadas para las armaduras activas no exime de la comprobación de los recubrimientos exigidos para las armaduras pasivas y secundarias en el artículo 19.

En el caso de ambientes fuertemente agresivos, el valor de los recubrimientos y demás disposiciones de proyecto deberán establecerse, previa consulta de la literatura técnica especializada, en función de la naturaleza del ambiente, del tipo de elemento estructural de que se trate, etc.

20.4. Tolerancias

20.4.1. Tolerancias en la posición de las armaduras activas

La posición de los tendones en cualquier sección transversal del elemento podrá diferir de la prevista en el proyecto

hasta en un 3 por 100 de la dimensión de la pieza paralela a la dirección del desplazamiento del tendón, siempre que dicho valor no exceda de 25 mm. Pero si el citado desplazamiento no afecta al canto útil de la sección ni a la colocación del hormigón, la tolerancia anteriormente indicada puede aumentarse al doble.

La tolerancia en los recubrimientos y distancias entre armaduras activas será del 20 por 100 de su valor teórico.

En caso necesario, los tendones o vainas podrán desplazarse para evitar que interfieran unos con otros, siempre que ello no suponga una variación en su trazado, superior a las tolerancias indicadas o a un diámetro del tendón o vaina.

#### COMENTARIOS

##### 20.4.2. Tolerancias en la regularidad del trazado de las armaduras activas

El trazado en obra de las armaduras activas no debe presentar ondulaciones locales excesivas, estableciéndose a estos efectos una tolerancia de 1 cm, en una longitud de 1,50 m.

#### COMENTARIOS

##### 20.5. Empalmes de las armaduras activas

Los empalmes se efectuarán en las secciones indicadas en el proyecto y se dispondrán en alojamientos especiales de la longitud suficiente para que puedan moverse libremente durante el tesado.

#### COMENTARIOS

##### 20.6. Colocación de los dispositivos de anclaje

El montaje de los dispositivos de anclaje se realizará siguiendo estrictamente las instrucciones del suministrador.

Las placas de reparto de los anclajes se colocarán perpendicularmente al trazado de los tendones, para poder aplicar después correctamente los gatos. Deberán evitarse desviaciones geométricas en los anclajes, con el fin de que los tendones, al llegar a ellos, no experimenten cambios angulares bruscos en su trazado.

Los dispositivos de anclaje deberán poderse fijar de un modo eficaz al encofrado o molde, de tal forma que no se descoloquen durante el hormigonado y vibrado de la pieza; y se empalmarán correctamente a las vainas o conductos, para evitar escape del producto de inyección por las juntas.

Antes del tesado se limpiarán todas las piezas del anclaje para eliminar cualquier sustancia (grasa, pintura, etc.) que pueda resultar perjudicial para su eficaz comportamiento.

En la colocación del hormigón alrededor de las cabezas de anclaje, es importante cuidar su compactación para que no se formen huecos ni coqueas y todos los elementos del anclaje queden bien recubiertos y protegidos.

En la colocación del hormigón alrededor de las cabezas de anclaje, es importante cuidar su compactación para que no se formen huecos ni coqueas y todos los elementos del anclaje queden bien recubiertos y protegidos.

#### COMENTARIOS

En el encofrado, y coincidiendo con los puntos en que vayan a situarse los anclajes, deberán colocarse, en general, tacos adecuados para formar un cajeadado que sirva de apoyo al anclaje y facilite la colocación del material destinado a la protección del dispositivo de anclaje, una vez efectuados el tesado y la inyección.

##### 20.7. Tesado de las armaduras activas

###### 20.7.1. Generalidades

El tesado deberá realizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del sistema utilizado. En particular se cuidará de que el gato apoye perpendicularmente y centrado sobre el anclaje.

El tesado se efectuará por operarios cualificados que posean la competencia y experiencia necesarias. Además, la operación habrá de ser cuidadosamente vigilada y controlada.

El tesado, efectuado por uno o los dos extremos del elemento, según el programa establecido, se realizará de forma que las tensiones aumenten lenta y progresivamente hasta alcanzar el valor fijado en el proyecto.

El tesado a bajas temperaturas requiere precauciones especiales.

Si durante el tesado se rompe uno o más elementos de la

armadura y ésta está constituida por un gran número de ellos, podrá alcanzarse la fuerza total de pretensado necesaria, aumentando la tensión en los restantes, siempre que para ello no sea preciso elevar la tensión en cada elemento individual en más de un 5 por 100 del valor inicialmente preciso. La aplicación de tensiones superiores, requiere un nuevo estudio del proyecto original; estudio que deberá efectuarse basándose en las características mecánicas de los materiales realmente utilizados.

En todos estos casos, será preciso realizar la correspondiente comprobación a rotura de la pieza o elemento estructural que se tesa, teniendo en cuenta las nuevas condiciones en que se encuentra.

La pérdida total en la fuerza de pretensado, originada por la rotura de elementos irremplazables de la armadura, no podrá exceder nunca del 2 por 100 de la fuerza total de pretensado indicada en el proyecto.

#### COMENTARIOS

El esfuerzo final de tracción de las armaduras depende del orden de su puesta en carga (tesado), puesto que la pieza se deforma progresivamente durante la aplicación del pretensado.

Deberá comprobarse siempre que el tesado de los primeros elementos de la armadura no provoca en la pieza deformaciones anormales.

El valor del movimiento originado por la penetración de la cuña, si se utiliza este tipo de anclaje, deberá medirse cuidadosamente por un operario responsable y anotarse en la tabla de tesado.

##### 20.7.2. Programa de tesado

En el programa de tesado deberá hacerse constar expresamente: el orden de tesado de las armaduras; eventualmente, las sucesivas etapas parciales de pretensado; el valor de la carga de tesado en los anclajes; y los alargamientos que deben obtenerse teniendo en cuenta, en su caso, los movimientos originados por la penetración de la cuña.

El tesado no se iniciará sin autorización previa del Director de obra, el cual comprobará que el hormigón ha alcanzado, por lo menos, una resistencia igual a la reseñada en los planos como mínima para poder comenzar dicha maniobra.

#### COMENTARIOS

Para comprobar si el hormigón ha alcanzado la resistencia necesaria para poder iniciar el tesado, se realizarán ensayos de información con probetas conservadas en condiciones lo más análogas posibles a las de obra.

##### 20.7.3. Tensión máxima inicial admisible en las armaduras

De acuerdo con lo dispuesto en 39.2, el valor máximo de la tensión inicial introducida en las armaduras antes de anclarlas, no será superior al menor de los dos límites siguientes:

$$\begin{aligned} &0,75 f_{\text{max. } \lambda} \\ &0,90 f_{\lambda} \end{aligned}$$

Únicamente con carácter temporal, y siempre que antes de anclar las armaduras se reduzca la tensión al valor indicado en el párrafo anterior, esta tensión podrá aumentarse, como máximo, hasta alcanzar un valor no superior al menor de los dos que a continuación se indican:

$$\begin{aligned} &0,85 f_{\text{max. } \lambda} \\ &0,95 f_{\lambda} \end{aligned}$$

siendo:

$f_{\text{max. } \lambda}$  = carga unitaria de rotura del acero de las armaduras activas.

$f_{\lambda}$  = límite elástico de dicho acero.

#### COMENTARIOS

Como quiera que para el control de la tensión introducida en las armaduras se exige (véase 20.7.4) medir los alargamientos, es preciso que los aceros permanezcan siempre en la zona de deformaciones elásticas.

Debe tenerse en cuenta que los límites citados en el articulado son valores máximos absolutos admisibles. Por consiguiente, una vez alcanzados dichos límites no se podrá admitir sobretensión alguna ni aun en casos excepcionales (rotura fortuita de alambres, etc.).

## 20.7.4. Control del tesado. Alargamiento

El control de la magnitud de la fuerza de pretensado introducida se realizará midiendo simultáneamente el esfuerzo ejercido por el gato y el alargamiento experimentado por la armadura.

El esfuerzo de tracción ejercido por el gato deberá ser igual al indicado en el programa de tesado que figure en el proyecto. Los dispositivos de tesado y los aparatos de medida utilizados, deberán ser tales que permitan garantizar que la fuerza de pretensado introducida en las armaduras no difiera de la indicada en el referido programa de tesado, en más del 5 por 100.

Los valores de los alargamientos se medirán con una precisión no inferior al 2 por 100 del recorrido total; y no podrán diferir de los previstos en el programa de tesado en más del 5 por 100. En caso de que esta diferencia sea superada, se adoptarán las oportunas medidas para su corrección.

Los valores de los alargamientos leídos se anotarán en la tabla de tesado. En ella se harán constar también todos los incidentes que hayan podido surgir en el transcurso de la operación de tesado.

Todos los aparatos de medida utilizados deberán contrastarse con la frecuencia necesaria para poder garantizar, en cualquier momento, que la precisión de las mediciones efectuadas cumplen las tolerancias que en los párrafos anteriores quedan señaladas.

## COMENTARIOS

La medición del esfuerzo ejercido por el gato se hará con un dinamómetro intercalado entre el gato y la armadura, o determinando, mediante dos manómetros incorporados al gato, la presión en el del fluido de carga. En este último caso, se dispondrá de una curva de tarado que dé, para presiones crecientes y decrecientes, en función de la presión del fluido leída en los manómetros, el esfuerzo ejercido por el gato sobre las armaduras tras el anclaje.

Siempre que sea posible, el dispositivo para medir la fuerza de pretensado introducida debe ser independiente del gasto de tesado.

Si los tendones son de poca longitud, el valor del alargamiento puede no ser significativo. Por consiguiente, en estos casos, el control de la magnitud de la fuerza de pretensado introducida se realizará preferentemente midiendo la fuerza ejercida por el gato.

El valor de las deformaciones iniciales (para pequeñas tensiones), especialmente cuando se trate de cables, debe determinarse experimentalmente. Debe tenerse en cuenta que, algunas veces, este alargamiento inicial, en el que influye el acoplamiento de los distintos elementos que forman el cable, puede ser importante.

Se recomienda valorar estos primeros alargamientos, iniciando las mediciones a partir de una tensión suficientemente elevada (por ejemplo, un décimo de la total) y extrapolando el diagrama, a partir de esta primera lectura, hasta el eje de las deformaciones.

Al medir el alargamiento, si resulta superior al previsto se comprobará:

- si los aparatos de medida utilizados están descorregidos;
- si la sección real de las armaduras es menor de la prevista;
- si el módulo de elasticidad del acero es menor del previsto;
- si ha cedido el anclaje opuesto al extremo por el que se está tesando;
- si se ha roto algún elemento de la armadura;
- si el rozamiento es menor que el previsto.

Si el alargamiento es menor que el previsto se comprobará:

- si están descorregidos los aparatos de medida utilizados;
- si la sección real de las armaduras es mayor de la prevista;
- si el módulo de elasticidad del acero es mayor del previsto;
- si el rozamiento es mayor del previsto. En este caso se podrá elevar la tensión inicial hasta alcanzar el valor máximo admitido en 20.7.3. Si esto no bastase deberá recurrirse a procedimientos especiales tales como la lubricación; la cual, sin embargo, no debe perjudicar la posterior adherencia entre armadura e inyección.

En cualquier caso, el Director de la obra decidirá las medidas que deben adoptarse para corregir las anomalías observadas durante el tesado.

## 20.7.5. Medidas de seguridad que deben adoptarse durante el tesado

Durante la operación de tesado deberán adoptarse las precauciones necesarias para evitar cualquier daño a personas.

Deberá prohibirse que, en las proximidades de la zona en que va a realizarse el tesado, exista más personal que el que haya de intervenir en el mismo. Por detrás de los gastos se colocarán protecciones resistentes y se prohibirá, durante el tesado, el paso entre dichas protecciones y el gato.

Se comprobará escrupulosamente el estado del equipo de tesado, y se vigilará el cumplimiento de todas las instrucciones facilitadas por el suministrador del mismo.

## COMENTARIOS

La ignorancia, la falta de cuidado y el exceso de confianza constituyen los mayores peligros durante las operaciones de tesado. Una estrecha vigilancia representa la mejor garantía de seguridad.

Los operarios llevarán siempre guantes para manejar las armaduras y tendrán especial cuidado al manipular los rollos, pues pueden desarrollarse con fuerza si no están bien sujetos.

En el caso de armaduras pretensas se recomienda colocar, en los estribos de las bancadas de pretensado, un cartel indicando la carga máxima para la cual han sido proyectados.

Con el fin de evitar que durante el tesado puedan saltar las armaduras si se rompen, se recomienda: utilizar separadores o placas horadadas para el paso de los alambres; disponer estribos que rodeen las armaduras; cubrirlos con tableros de gran peso, o envolverlos con sacos de yute.

## 20.7.6. Tabla de tesado

La tabla de tesado consiste en un impreso, con el correspondiente encasillado, en el que se anota, por una parte, todos los datos del programa de tesado previsto en el proyecto, así como los necesarios para la identificación de cada tendón; y por otra, los resultados registrados durante la ejecución del tesado.

Durante las operaciones de tesado, que deberán efectuarse de acuerdo con los datos del programa incluido en el proyecto, se anotarán, en las oportunas casillas de la tabla y enfrentados con los correspondientes valores teóricos para su fácil y rápida comprobación, los resultados reales obtenidos, es decir, las lecturas registradas en los aparatos utilizados para medir las fuerzas introducidas y los correspondientes alargamientos.

## COMENTARIOS

Es conveniente que en la tabla de tesado se anoten, además, todas las observaciones que se juzguen de interés, relacionadas con la marcha de las operaciones de tesado.

## 20.7.7. Retesado de armaduras postesas

Se entiende por retesado cualquier operación de tesado efectuada sobre un tendón con posterioridad a la de su tesado inicial.

Sólo está justificado cuando se considere preciso para uniformar las tensiones de los diferentes tendones de un mismo elemento, o cuando, de acuerdo con el programa previsto en el proyecto, el tesado se realice en etapas sucesivas.

Debe evitarse el retesado que tenga como único objeto disminuir las pérdidas diferidas de tensión, salvo que circunstancias especiales así lo exijan.

## COMENTARIOS

El tesado en etapas sucesivas tiene el inconveniente de que obliga a retrasar la inyección; lo que aumenta el riesgo de corrosión bajo tensión de las armaduras.

## 20.7.8. Destesado de armaduras pretensas

El destesado es la operación mediante la cual se transmite el esfuerzo de las armaduras al hormigón, en el caso de armaduras pretensas, y se efectúa soltándolas de sus anclajes provisionales extremos.

Antes de proceder al destesado, deberá comprobarse que el hormigón ha alcanzado la resistencia necesaria para poder soportar las tensiones transmitidas por las armaduras.

Deberán preverse los dispositivos adecuados que permitan realizar el destesado de un modo lento, gradual y uniforme, sin sacudidas bruscas.

Una vez sueltas las armaduras de sus anclajes extremos y liberadas también las coacciones que puedan existir entre las sucesivas piezas de cada bancada, se procederá a cortar las puntas de las armaduras que sobresalgan de las testas de dichas piezas.

Antes de proceder al destesado se eliminarán todos los obstáculos capaces de impedir el libre movimiento de las piezas de hormigón.

Si el destesado se realiza elemento por elemento, con el fin de evitar asimetrías en el esfuerzo de pretensado, que pueden resultar perjudiciales, la operación deberá hacerse de acuerdo con un orden preestablecido.

#### COMENTARIOS

Se llama la atención sobre el peligro que representa un destesado prematuro, como consecuencia de las elevadas pérdidas en la fuerza de pretensado que pueden ocasionar las importantes deformaciones reológicas que posteriormente experimenta el hormigón cuando se le carga siendo aún muy joven.

Un destesado brusco provocaría esfuerzos anormales en las piezas, con aumento de la longitud de anclaje de las armaduras y riesgos de deslizamiento de las mismas.

El corte de las armaduras debe hacerse siempre lo más cerca posible de la testa de la pieza, para evitar el impacto que pudiera producirse sobre el hormigón si aún quedase algo de tensión en la armadura.

#### ARTICULO 21. DOSIFICACION DEL HORMIGON

Se dosificará el hormigón con arreglo a los métodos que se estimen oportunos, respetando siempre las dos limitaciones siguientes:

- La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón, será de 250 kg.
- La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será, en general, de 400 kg. El empleo de mayores proporciones de cemento deberá ser objeto de justificación especial.

Para establecer la dosificación (o dosificaciones, si son varios los tipos de hormigón exigidos), el constructor deberá recurrir, en general, a ensayos previos en laboratorio, con objeto de conseguir que el hormigón resultante satisfaga las condiciones que se le exigen en el artículo 11, así como las especificadas en el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En los casos en que el constructor pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones anteriormente mencionadas y, en particular, la resistencia exigida, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

#### COMENTARIOS

Para determinar la dosificación más conveniente se tendrán en cuenta, no sólo las resistencias mecánicas que deban obtenerse, sino también los posibles riesgos de deterioro del hormigón o las armaduras a causa del ataque de agentes exteriores.

La cantidad mínima necesaria de cemento por metro cúbico de hormigón depende, en particular, del tamaño de los áridos, debiendo ser más elevada a medida que disminuye dicho tamaño.

El peligro de emplear mezclas muy ricas en cemento, reside en los fuertes valores que, en tales casos, pueden alcanzar la retracción y el calor de fraguado en las primeras edades. No obstante, si se atiende cuidadosamente a otros factores que también influyen en estos fenómenos, tales como el tipo y categoría del cemento, la relación agua/cemento, el proceso de curado, etc. es posible emplear proporciones más elevadas de cemento. Por ello se admite rebasar la cifra de 400 kg en circunstancias especiales, en las que, como ocurre en ciertos casos de prefabricación, se cuidan y controlan al máximo todos los detalles relativos a los materiales, granulometrías, dosificación, ejecución y curado final.

Aun en los casos de prefabricación, no es aconsejable una dosificación de cemento superior a los 500 kg/m<sup>3</sup>.

#### ARTICULO 22. FABRICACION DEL HORMIGON

Para la fabricación del hormigón, el cemento se medirá en peso y los áridos en peso o en volumen, si bien este último sistema no es aconsejable por las fuertes dispersiones a que da lugar. Se recomienda comprobar sistemáticamente el contenido de humedad de los áridos, especialmente el de la arena, para corregir, en caso necesario, la cantidad de agua directamente vertida en la hormigonera.

Se amasará el hormigón de manera que se consiga la mezcla íntima y homogénea de los distintos materiales que lo componen, debiendo resultar el árido bien recubierto de pasta de cemento. En general, esta operación se realizará en hormigonera y con un período de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a un minuto.

No se mezclarán masas frescas en las que se utilicen tipos diferentes de conglomerantes. Antes de comenzar la fabricación de una mezcla con un nuevo tipo de cemento deberán limpiarse perfectamente las hormigoneras.

#### COMENTARIOS

Para medir en volumen los áridos deben utilizarse recipientes de poca sección y mucha altura, con objeto de introducir el mínimo error posible en las medidas.

Cuando la importancia de la obra lo permita se recomienda emplear centrales automáticas dosificadoras por peso de todos los materiales, con técnico especializado a su frente, apoyado en sus decisiones por un laboratorio de obra que compruebe todos los extremos con influencia sobre los resultados y calcule las correcciones necesarias en cada caso; especialmente en lo que se refiere a las variaciones de calidad del cemento empleado y a la cantidad de agua que contengan los áridos en el momento de entrar en la hormigonera.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

14946

REAL DECRETO 1513/1977, de 10 de junio, sobre forma de pago del 5 por 100 para derechos pasivos del personal de las escalas no profesionales de los Ejércitos comprendido en la Ley 8/1977, de 4 de enero.

La Ley ocho mil novecientos setenta y siete, de cuatro de enero, sobre derechos pasivos del personal militar de las escalas no profesionales de los Ejércitos de Tierra, Mar y Aire, establece en su Disposición Transitoria Primera que la obligación del pago del Impuesto del cinco por ciento a que se refiere el artículo diecisiete del Texto Refundido de trece de abril de mil novecientos setenta y dos para el personal comprendido en la Ley, se retrotraerá a uno de enero de mil novecientos sesenta y siete.

La amplitud del período a que la obligación del pago se extiende habrá de dar lugar en muchos casos a que el total del débito alcance cifras que, relacionadas con las percepciones del personal afectado, sea en situación de activo o de pasivo, no podrían ser descontadas o satisfechas de una sola vez, lo que obliga, para la efectividad y cumplimiento de la citada Disposición, a establecer las formas de pago de las cantidades adeudadas.

La Disposición Transitoria Tercera de la Ley, en su apartado uno, permite la revisión de acuerdos dictados con anterioridad para fijar las pensiones en estos casos a la cuantía que, con arreglo a la propia Ley correspondiente, estableciendo en su apartado dos que el débito que el solicitante tuviese por el concepto del cinco por ciento se deduzca del haber pasivo que resulte como consecuencia de la nueva concesión.

Por otra parte, la determinación de las formas de pago del repetido concepto que se establecen en el presente Decreto son indispensables para evitar que la realización de los beneficios que la Ley concede se vea entorpecida por no haberse regulado el sistema de cumplimiento de las obligaciones parciales a los nuevos derechos.

## DISPOSICION FINAL

Uno. En todo lo no establecido por el presente Real Decreto será aplicable la Ley diecinueve/mil novecientos setenta y siete, de uno de abril, y en relación con el procedimiento de constitución de Organizaciones, las disposiciones que la desarrollan.

Dos. Se faculta a la Presidencia del Gobierno para dictar las disposiciones de aplicación y desarrollo del presente Real Decreto.

Dado en Madrid a diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

Por razones de homogeneidad del hormigón resultante es aconsejable verter los materiales dentro de la hormigonera en el siguiente orden:

- 1.º Una parte de la dosis de agua (aproximadamente la mitad).
- 2.º El cemento y la arena simultáneamente. Si no es posible se verterá una fracción del primero y después la fracción que proporcionalmente corresponda de la segunda, repitiendo la operación hasta completar las cantidades previstas.
- 3.º La grava. Si está dividida en dos o más fracciones deberá seguirse con ellas un procedimiento análogo al descrito para el cemento y la arena.
- 4.º El resto del agua de amasado, a ser posible no de una vez, sino poco a poco, de la forma que se parezca más a un chorro continuo.

El tiempo que debe durar el amasado depende principalmente de las características y capacidad de la hormigonera y de la consistencia del hormigón. Dicho tiempo puede reducirse a menos de un minuto si se utilizan hormigoneras especiales en las que esté debidamente comprobado que su eficacia de mezclado permite efectuar tal reducción. Por el contrario, con las hormigoneras que corrientemente se emplean en las obras, el minuto es el tiempo mínimo admisible, recomendándose aumentarlo, por lo que se refiere al tamaño de la hormigonera, en tantas veces quince segundos como fracciones de 400 litros, de exceso sobre los 750 litros, tenga la capacidad de la máquina utilizada.

Por otra parte, conviene tener en cuenta que los hormigones para vibrar son los que más aumentan de resistencia con un buen amasado, por lo que en estos casos puede ser interesante incrementar el tiempo de batido hasta dos o tres minutos.

Por todo ello es en general recomendable que la capacidad de producción del conjunto de las hormigoneras existentes en la obra resulte holgada con relación a la velocidad de hormigonado prevista, con el fin de que se pueda prolongar el tiempo de amasado.

Se recuerda que, en el caso de hormigón preamasado, deberá cumplirse la «Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado EHPRE-72», además de la presente.

## ARTICULO 23. PUESTA EN OBRA DEL HORMIGON

## 23.1. Transporte y colocación

Para el transporte del hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para que las masas lleguen al lugar de su colocación sin experimentar variación sensible de las características que poseían recién amasadas; es decir sin presentar disgregación, intrusión de cuerpos extraños, cambios apreciables en el contenido de agua, etc. Especialmente se cuidará de que las masas no lleguen a secarse tanto que se impida o dificulte su adecuada puesta en obra y compactación.

Cuando se empleen hormigones de diferentes tipos de cemento se limpiará cuidadosamente el material de transporte antes de hacer el cambio de conglomerante.

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado.

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante con-

ducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa.

No se efectuará el hormigonado en tanto no se obtenga la conformidad del director de obra, una vez que se hayan revisado las armaduras, vainas, anclajes y demás elementos, ya colocados en su posición definitiva.

El hormigonado de cada elemento se realizará de acuerdo con un plan previamente establecido en el que deberán tenerse en cuenta las deformaciones previsibles de la cimbra, para impedir que el hormigón joven se vea solicitado a flexión.

## COMENTARIOS

Conviene que la duración del transporte sea la menor posible para evitar la disgregación de la masa, así como los peligros de desecación y fraguado. Por ello, como norma general, no debe transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y compactación. Pero incluso este plazo resulta excesivo si no se toman precauciones especiales cuando se emplean cementos de fraguado rápido o cuando se trata de hormigones de baja relación agua/cemento, tales como los destinados a una compactación por vibrado.

La impulsión por bomba, el empleo de camiones con cuba rotatoria y otros procedimientos especiales pueden suprimir algunos inconvenientes del transporte, pero no todos. Por tanto, se recomienda que, una vez en marcha el sistema elegido, se compruebe que, efectivamente, el hormigón llega al tajo en las condiciones deseadas.

En cualquier caso, siempre que sea posible, las probetas de control se fabricarán en el lugar de puesta en obra y no a la salida de la hormigonera, con objeto de que, al resultar afectadas por las posibles variaciones ocasionadas por el transporte, sean verdaderamente representativas del hormigón empleado.

Como las características de la masa varían del principio al final de cada descarga de la hormigonera, no es conveniente, si se quiere conseguir una buena uniformidad, el dividir, para el transporte, un mismo amasijo en distintos recipientes.

El vertido del hormigón en caída libre, si no se realiza desde pequeña altura, produce inevitablemente la disgregación de la masa. Por tanto, si la altura es apreciable (del orden de los 2 metros) deben adoptarse disposiciones apropiadas para evitar que se produzca el efecto mencionado. En general, el peligro de disgregación es mayor cuanto más grueso es el árido y menos continua su granulometría; y sus consecuencias son tanto más graves cuanto menor es la sección del elemento que se trata de hormigonar.

## 23.2. Compactación

La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas, y de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación. El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie.

El vibrado se efectuará con la mayor precaución, evitando que los vibradores toquen a las vainas. La compactación será particularmente esmerada alrededor de los dispositivos de anclaje y en los ángulos del encofrado.

## COMENTARIOS

En el comentario de 11.2 se indica que la resistencia a compresión de un hormigón es un índice de sus restantes cualidades; pero debe llamarse la atención sobre el hecho de que esto es así únicamente si se trata de hormigones bien compactados, pues en el caso contrario pueden presentarse defectos (excesiva permeabilidad, por ejemplo) que no resulten debidamente reflejados en el valor de la resistencia.

Como, por otra parte, al fabricar las probetas para los ensayos de laboratorio con arreglo al correspondiente método de ensayo, el hormigón resulta perfectamente compactado, la consolidación en obra del hormigón deberá realizarse con igual o mayor intensidad que la utilizada para la fabricación de dichas probetas.

La compactación resulta más difícil cuando el árido del hormigón encuentra un obstáculo para que sus piedras y granos de arena alcancen la ordenación que corresponde a la máxima compacidad compatible con su granulometría. Por esta causa, el proceso de compactación debe prolongarse junto a los bordes y paramentos de los encofrados y especialmente en los vértices y aristas, hasta eliminar todas las posibles coqueas.

En general, se recomienda el empleo de vibradores, ya que estos aparatos permiten el uso de hormigones con menos agua y dotados, por tanto, de mejores propiedades que los de consistencia adecuada para picado con barra, incluso a igualdad de resistencia mecánica.

Si se emplean vibradores de superficie, éstos deberán aplicarse corréndolos con movimiento lento, de tal modo que la superficie quede totalmente húmeda.

Si se emplean vibradores internos, su frecuencia de trabajo no debe ser inferior a seis mil ciclos por minuto. Estos aparatos deben sumergirse rápida y profundamente en la masa, cuidando de retirar la aguja con lentitud y a velocidad constante. Cuando se hormigone por tongadas conviene introducir el vibrador hasta que la punta penetre en la capa subyacente, procurando mantener el aparato vertical o ligeramente inclinado.

Los valores óptimos, tanto de la duración del vibrado como de la distancia entre los sucesivos puntos de inmersión, dependen de la consistencia de la masa, de la forma y dimensiones de la pieza y del tipo de vibrador utilizado, no siendo posible, por tanto, establecer cifras de validez general. Como orientación se indica que la distancia entre puntos de inmersión debe ser la adecuada para producir, en toda la superficie de la masa vibrada, una humectación brillante, siendo preferible vibrar en muchos puntos por poco tiempo a vibrar en pocos puntos más prolongadamente.

Si se emplean vibradores unidos a los moldes o encofrados, tales aparatos deberán sujetarse firmemente y distribuirse en forma adecuada para que su efecto se extienda a toda la masa.

Cuando se empleen vibradores internos conviene que las tongadas no tengan un espesor superior a 20 ó 30 cm. según la intensidad del vibrador.

### 23.3. Técnicas especiales

Si el transporte, la colocación o la compactación de los hormigones se realizan empleando técnicas especiales, se procederá con arreglo a las normas de buena práctica improprias de dichas técnicas.

### COMENTARIOS

Como en un reglamento de carácter general no es posible dar prescripciones para todos los casos, la Instrucción remite a las normas de buena práctica cuando se trata de técnicas especiales; lo que es lógico, además, por encontrarse estas técnicas en evolución continua.

### ARTICULO 24. JUNTAS DE HORMIGONADO

Las juntas de hormigonado que deberán, en general, estar previstas en el proyecto se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión y allí donde su efecto sea menos perjudicial, alejándolas con dicho fin de las zonas en las que la armadura pasiva esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada para asegurar una unión lo más íntima posible entre el antiguo y el nuevo hormigón.

Cuando haya necesidad de disponer juntas de hormigonado no previstas en el proyecto se dispondrán en los lugares que el director de obra apruebe y preferentemente sobre los puntales de la cimbra.

Si el plano de cuña junta resulta mal orientado se destruirá la parte de hormigón que sea necesario eliminar para dar a la superficie la dirección apropiada.

Antes de reanudar el hormigonado se limpiará la junta de toda suciedad o árido que haya quedado suelto y se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto; para ello se aconseja utilizar chorro de arena o capillo de alambre, según que el hormigón se encuentre más o menos endurecido, pudiendo emplearse también, en este último caso, un chorro de agua y aire. Expresamente se prohíbe el empleo de productos corrosivos en la limpieza de juntas.

En general, y con carácter obligatorio, siempre que se trate de juntas de hormigonado no previstas en el proyecto, no se reanudará el hormigonado sin previo examen de la junta y aprobación, si procede, por el director de obra.

Se prohíbe hormigonar directamente sobre o contra superficies de hormigón que hayan sufrido los efectos de las heladas. En este caso deberán eliminarse previamente las partes dañadas por el hielo.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá autorizar el empleo de otras técnicas para la ejecución de juntas (por ejemplo, impregnación con productos adecuados), siempre que se haya justificado previamente, mediante ensayos de suficiente garantía, que tales técnicas son capaces de proporcionar

resultados tan eficaces, al menos, como los obtenidos cuando se utilizan los métodos tradicionales.

Si la junta se establece entre hormigones fabricados con distinto tipo de conglomerante, al hacer el cambio de éste se limpiarán cuidadosamente los utensilios de trabajo.

En ningún caso se pondrán en contacto hormigones fabricados con diferentes tipos de cemento que sean incompatibles entre sí.

Se aconseja no recubrir las superficies de las juntas con lechada de cemento.

### COMENTARIOS

En 6.4 se hace referencia a las juntas de hormigonado en relación con los documentos del proyecto.

Se han obtenido buenos resultados mediante la impregnación de juntas con ciertos productos sintéticos, como, por ejemplo, algunas resinas epoxi.

Respecto al contacto entre hormigones fabricados con distintos tipos de conglomerante que sean incompatibles entre sí, conviene llamar la atención sobre diversos puntos:

a) En lo que se refiere al hormigón se recomienda evitar el contacto de masas fraguadas y endurecidas, hechas con cementos de distintos tipos, sobre todo si uno de los hormigones contiene componentes nocivos para el otro, y existe la posibilidad de acceso de humedad a la zona de contacto entre ambos. En estos casos puede tener lugar la desintegración mas o menos diferida de uno de los hormigones por reacciones con cambio de volumen. Tal puede ocurrir entre hormigones de cemento siderúrgico y de cemento portland, cuando el agua (del subsuelo, por ejemplo) se satura de sulfato cálcico del primero y penetra en la masa del segundo.

Un caso real de lo expuesto puede ser el de una zapata de cimentación hecha de hormigón con cemento siderúrgico (precisamente para resistir los posibles ataques de un terreno yesífero), de la cual arrancan elementos estructurales hechos con cemento portland.

b) En lo que se refiere al acero se recomienda evitar que distintas zonas de una misma armadura queden recubiertas por hormigones, ya fraguados y endurecidos, hechos con cementos de distintos tipos, por el peligro de corrosión a que aquélla puede estar sometida, en virtud de la heterogeneidad del medio que la rodea.

Este peligro es mayor, y la corrosión puede llegar a ser muy fuerte, si próximas a las armaduras y paralelas a ellas hay tendidas líneas eléctricas. La posibilidad de corrientes derivadas implica entonces un riesgo de corrosión electroquímica mucho más intensa y acelerada que la puramente química.

La situación puede agravarse aún más en un medio (agua o suelo) salino capaz de aportar cloruros, si éstos llegan a penetrar en el hormigón y entran en contacto con las armaduras.

Para casos como los mencionados se aconseja recurrir a la bibliografía sobre el tema o al dictamen de especialistas idóneos. En el artículo 33 y su correspondiente comentario se hace referencia a diversos puntos relacionados con la incompatibilidad de conglomerantes.

Como norma general se procurará que las juntas resulten ortogonales a las compresiones originadas por el esfuerzo de pretensado.

En la sección en que haya de detenerse el hormigonado es conveniente utilizar como encofrado una lámina de metal desplegado. La malla así formada será lo suficientemente tupida para que se pueda vibrar perfectamente, incluso en las inmediaciones de la superficie de detención del hormigonado, sin que se produzca una pérdida excesiva de lechada de cemento. Si, a pesar de estas precauciones, quedasen huecos detrás de la lámina de metal desplegado será necesario retirar ésta y eliminar las partes friables de la superficie libre del hormigón.

### ARTICULO 25. HORMIGONADO EN TIEMPO FRIO

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados.

En los casos en que por absoluta necesidad se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no habrán de producirse deterioros locales en los

elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

Si no es posible garantizar que con las medidas adoptadas se ha conseguido evitar dicha pérdida de resistencia, se realizarán los ensayos de información (véase artículo 67) necesarios para conocer la resistencia realmente alcanzada, adoptándose, en su caso, las medidas oportunas.

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, vainas, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ .

El empleo de aditivos anticongelantes requerirá una autorización expresa, en cada caso, del director de obra. Nunca podrán utilizarse productos susceptibles de atacar a las armaduras, en especial los que contienen ión cloro.

Cuando el hormigonado se realice en ambiente frío, con riesgo de heladas, podrá utilizarse para el amasado, sin necesidad de adoptar precaución especial alguna, agua calentada hasta una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$  e incluso calentar previamente los áridos.

Cuando excepcionalmente se utilice agua o áridos calentados a temperatura superior a la antes indicada, se cuidará de que el cemento, durante el amasado, no entre en contacto con ella mientras su temperatura sea superior a  $40^{\circ}\text{C}$ .

#### COMENTARIOS

Debe tenerse en cuenta que el peligro de que se hiele el hormigón fresco es tanto mayor cuanto mayor es su contenido en agua. Por ello se recomienda que en estos casos la relación agua/cemento sea lo más baja posible.

Por el contrario, no debe olvidarse que la reacción química del agua con el cemento engendra calor y que éste aumenta al elevarse la dosificación en cemento, así como con el empleo de cemento de alta resistencia inicial. El calor originado durante el fraguado puede llegar a ser importante cuando la masa de hormigón es grande; como es lógico, disminuye cuando se trata de piezas delgadas. Por consiguiente, en este último caso, que es el normal en la técnica del hormigón pretensado, es preciso extremar las medidas de protección contra las bajas temperaturas. Estas medidas deberán preverse con la antelación suficiente.

Cuando se emplea agua caliente conviene prolongar el tiempo de amasado para conseguir una buena homogeneidad de la masa, sin formación de grumos.

Por último, y a título puramente indicativo, a continuación se detallan las medidas que pueden adoptarse en casos especiales:

- Para temperaturas ambientes comprendidas entre  $+5^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$ : No se utilizarán materiales helados. A este respecto debe tenerse en cuenta que no basta con deshacer los montones de áridos congelados para que éstos se deshuelan. Se recomienda calentar el agua de amasado y los áridos. El hormigón, después de vertido, deberá protegerse contra la helada.
- Entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $-5^{\circ}\text{C}$ : Deberán calentarse los áridos y el agua. Como en el caso anterior es preciso proteger el hormigón después de vertido.
- Por debajo de  $-5^{\circ}\text{C}$ : Se suspenderá el hormigonado o se realizará la fabricación del hormigón y el hormigonado en un recinto que pueda calentarse.

#### ARTICULO 26. HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado, en particular durante el transporte del hormigón, y para reducir la temperatura de la masa.

Los materiales almacenados con los cuales vaya a fabricarse el hormigón, y los encofrados o moldes destinados a recibirlo, deberán estar protegidos del soleamiento.

Una vez efectuada la colocación del hormigón se protegerá éste del sol y especialmente del viento para evitar que se deseeque.

Si la temperatura ambiente es superior a  $40^{\circ}\text{C}$  se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa del director de obra, se adopten medidas especiales, tales como enfriar el agua, amasar con hielo picado, enfriar los áridos, etc.

#### COMENTARIOS

Para reducir la temperatura de la masa de hormigón se recomienda recurrir al empleo de agua fría o hielo.

Cuando el hormigonado se efectúe a temperatura superior

a los  $40^{\circ}\text{C}$  será necesario regar continuamente las superficies del hormigón, durante diez días por lo menos, o tomar otras precauciones especiales para evitar la desecación de la masa durante su fraguado y primer endurecimiento.

#### ARTICULO 27. CURADO DEL HORMIGON

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo, adoptando para ello las medidas adecuadas. Tales medidas se prolongarán durante el plazo que al efecto establece el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, en función del tipo, clase y categoría del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc.

El curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado o a través de un material adecuado que no contenga sustancias nocivas para el hormigón y sea capaz de retener la humedad. El agua empleada en estas operaciones deberá poseer las cualidades exigidas en el artículo 8.º de esta Instrucción.

El curado por aportación de humedad podrá sustituirse por la protección de las superficies mediante recubrimientos plásticos u otros tratamientos adecuados, siempre que tales métodos, especialmente en el caso de masas secas, ofrezcan las garantías que se estimen necesarias para lograr, durante el primer periodo de endurecimiento, la retención de la humedad inicial de la masa.

Si el curado se realiza empleando técnicas especiales (curado al vapor, por ejemplo) se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias de dichas técnicas, previa autorización del director de obra.

En general, el proceso de curado debe prolongarse hasta que el hormigón haya alcanzado, como mínimo, el 70 por 100 de su resistencia de proyecto.

#### COMENTARIOS

De las distintas operaciones necesarias para la ejecución de un elemento de hormigón, el proceso de curado es una de las más importantes por su influencia decisiva en la resistencia y demás cualidades del hormigón resultante.

Como término medio resulta conveniente prolongar el proceso de curado durante siete días, debiendo aumentarse este plazo cuando se utilicen cementos de endurecimiento lento o en ambientes secos y calurosos. Cuando las superficies de las piezas hayan de estar en contacto con aguas o filtraciones salinas, alcalinas o sulfatadas es conveniente aumentar el citado plazo de siete días en un 50 por 100 por lo menos.

Un buen procedimiento de curado consiste en cubrir el hormigón con sacos, arena, paja u otros materiales análogos y mantenerlos húmedos mediante riegos frecuentes. En estos casos debe prestarse la máxima atención a que esos materiales estén exentos de sales solubles, materia orgánica (restos de azúcar en los sacos, paja en descomposición, etc.) u otras sustancias que, disueltas y arrastradas por el agua de curado, puedan alterar el fraguado y primer endurecimiento de la superficie del hormigón.

Entre los distintos métodos de curado acelerado utilizables resultan especialmente aconsejables, sobre todo en el caso de elementos prefabricados, los procedimientos de curado por calor y, entre éstos, el de curado al vapor. Cuando se utilicen estos métodos, la velocidad de calentamiento y enfriamiento deberá controlarse adecuadamente para evitar que el hormigón sufra choques térmicos. El tratamiento no podrá iniciarse en tanto no haya transcurrido un determinado periodo de tiempo, denominado de prefraguado. Presenta también especial interés el procedimiento de curado por inmersión, sobre todo si el agua se mantiene a temperatura adecuada y constante. En caso contrario, el tiempo de inmersión varía con la temperatura ambiente.

En el curado por calor conviene tener en cuenta el concepto de «maduración», es decir, el producto de la temperatura, en grados centígrados, a que se somete la pieza, por el tiempo durante el cual actúa esta temperatura, si ésta es constante; o la integral del gráfico temperatura-tiempo en el caso de temperatura variable.

Se admite que, para una misma calidad de hormigón, el efecto del curado será el mismo siempre que su maduración sea también la misma. Es decir, que distintas combinaciones de temperaturas y tiempos darán el mismo resultado siempre que su producto sea constante.

Como fuente calorífica para el curado por calor se utiliza principalmente la calefacción eléctrica, o el agua o aceite calientes.

El proceso de curado al vapor se iniciará una vez transcurrido el período de prefraguado, elevándose gradualmente la temperatura a partir de este momento, hasta alcanzar la temperatura límite. Esta temperatura se mantendrá durante un cierto plazo, finalizado el cual se hará descender de forma continua hasta igualar la temperatura ambiente.

Cada cemento tiene una curva de curado ideal que deberá determinarse experimentalmente. De esta forma se podrán conocer los ritmos óptimos de aumento y descenso de la temperatura, así como el tiempo de permanencia a la temperatura límite y el valor de la misma. En general, el período de prefraguado oscila entre dos y cuatro horas; la velocidad de calentamiento o enfriamiento no debe exceder de 20° C por hora y la temperatura límite no será superior a 80° C.

La presión del vapor y la temperatura se mantendrá lo más constantes y uniformes posibles a lo largo de la pieza, y el recinto de curado se conservará, en todo momento, saturado de humedad.

Con respecto al procedimiento de curado por inmersión puede indicarse, a título puramente orientativo, que el tiempo de inmersión oscilará entre tres y siete días.

Para los casos de empleo de técnicas especiales en el articulado se remite a las normas de buena práctica de tales técnicas, por tratarse de procesos en evolución continua, para los que es difícil dar reglas generales.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

15038

*ACUERDO de Cooperación Técnica complementario del Convenio de Cooperación Social hispano-boliviano para el desarrollo de un programa de asesoramiento al Programa de Promoción Profesional en el Ejército (P.P.E.), al Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral y al Servicio Nacional de Formación de Mano de Obra (F.O.M.O.) de Bolivia y Protocolo anejo, firmado en Madrid el 1 de junio de 1977.*

Acuerdo de cooperación técnica complementario del Convenio de Cooperación Social hispano-boliviano para el desarrollo de un programa de asesoramiento al Programa de Promoción Profesional en el Ejército (P.P.E.), al Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral y al Servicio Nacional de Formación de Mano de Obra (F.O.M.O.), de Bolivia

El Gobierno del Estado español y el Gobierno de la República de Bolivia, en aplicación del Convenio de Cooperación Social hispano-boliviano, suscrito entre ambos países el 15 de febrero de 1966, acuerdan suscribir el presente Acuerdo de Cooperación Técnica, sujeto a las siguientes estipulaciones:

### ARTICULO I

El Gobierno de España, considerando los fructíferos resultados alcanzados hasta el presente por los Organismos en los que viene actuando la cooperación técnica prestada a Bolivia y teniendo en cuenta que los mismos se encuentran en una fase de definitiva consolidación, acepta ampliar la mencionada cooperación en los términos que se determinan en el presente documento.

### ARTICULO II

Por su parte, el Gobierno de Bolivia acepta el principio de mutua cooperación, poniendo a disposición del Gobierno español sus propias experiencias en los campos laboral y social mediante el desarrollo de programas que de mutuo acuerdo puedan establecerse.

Finalmente, el Gobierno de Bolivia, teniendo en cuenta los principios de la cooperación técnica internacional, acepta cooperar con el Gobierno español al desarrollo de programas de cooperación a terceros países, a cuyo fin se establecerán, en cada caso, los correspondientes acuerdos.

A los fines de cumplimiento del presente Acuerdo complementario, los órganos bolivianos que tendrán a su cargo

el desarrollo de los programas son: el Comando General del Ejército, el Ministerio de Trabajo y el Servicio Nacional de Formación de Mano de Obra.

### ARTICULO III

Por el presente Acuerdo, el Gobierno español se obliga a:

1. Mantener en Bolivia una Misión de Cooperación Técnica constituida por cuatro expertos específicos para asesorar al Programa de Promoción Profesional en el Ejército en el desarrollo y consolidación de sus planes nacionales. Dichos expertos actuarán en Bolivia por un período de tiempo global que totaliza setenta y dos meses-experto.
2. Enviar a Bolivia una Misión de Cooperación Técnica constituida por seis expertos para asesorar a las autoridades del Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral en la organización y estructuración de sus servicios centrales. Dichos expertos actuarán en Bolivia por un período de tiempo global que totaliza setenta y dos meses-experto.
3. Mantener en Bolivia una Misión de Cooperación Técnica constituida por seis expertos para asesorar al F.O.M.O. en sus planes de expansión y consolidación institucional. Dichos expertos actuarán en Bolivia por un período de tiempo global que totaliza ciento ocho meses-experto.
4. Conceder y sufragar becas en número de cincuenta para complementar en España la formación de los bolivianos que actúen como homólogos de los expertos españoles.
5. En su caso, la donación a Bolivia del material didáctico (cuadernos didácticos y libros básicos) necesario para el desarrollo de los programas previstos en el presente Acuerdo.

### ARTICULO IV

En protocolo anejo al presente Acuerdo complementario se establecen las características técnicas y las funciones tanto de los expertos españoles como de los homólogos bolivianos, así como el calendario previsto para el normal desarrollo de las diversas acciones.

### ARTICULO V

Los pasajes y las retribuciones de los expertos españoles a que se refiere el artículo III serán satisfechos plenamente por el Gobierno español.

### ARTICULO VI

Las becas a que se refiere el apartado 4 del artículo III tendrán una duración media de tres meses, y su importe en pesetas cubrirá los gastos de enseñanza, alojamiento, manutención, materiales de trabajo e informativos, los viajes programados por el interior de España y los pasajes de regreso de los becarios a Bolivia.

### ARTICULO VII

En el caso de que el Gobierno boliviano desee adquirir en España maquinaria, equipo y/o material didáctico con destino a los programas incluidos en el presente Acuerdo, el Gobierno español servirá de mediador al Gobierno boliviano ante las empresas españolas, a fin de conseguir iguales calidades y precios que si se tratara de adquisiciones para el propio Gobierno español, fiscalizando además los envíos mediante las oportunas verificaciones antes de su salida de España.

### ARTICULO VIII

Las obligaciones contraídas por el Gobierno español en el presente Acuerdo serán cumplidas por el Ministerio de Trabajo.

### ARTICULO IX

Por el presente Acuerdo, el Gobierno boliviano se obliga a:

1. Conceder las máximas facilidades para la ejecución de cuanto establece el presente Acuerdo.
2. Facilitar los locales en los que deban desarrollarse los programas previstos en este Acuerdo.
3. Tomar a su cargo las instalaciones docentes o administrativas, así como las complementarias previstas para el correcto funcionamiento de los programas.
4. Poner a disposición de los programas el personal directivo, técnico, de administración y de servicios que requiera el normal desarrollo de los programas.
5. Tomar a su cargo los gastos de mantenimiento, los generales y los de personal texcepción hecha de los expertos

disposiciones en materia retributiva de dicho Real Decreto-ley a los Cuerpos civiles dependientes de la Dirección General de Seguridad.

Asimismo, el párrafo segundo del mismo apartado dos autoriza al Gobierno para, a propuesta del Ministerio de la Gobernación y previo informe, dentro de sus respectivas competencias, de los Ministerios de Hacienda y del Ejército, modificar la organización y régimen de los Cuerpos mencionados en el párrafo anterior. En consecuencia, se procede a elaborar el presente Real Decreto, con el fin de dar cumplimiento a lo ordenado en aquella disposición.

En su virtud, y a propuesta de los Ministros de Hacienda y Gobernación, previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día veinte de mayo de mil novecientos setenta y siete,

#### DISPONGO:

Artículo primero.—A los funcionarios de los Cuerpos civiles dependientes de la Dirección General de Seguridad les será de aplicación lo dispuesto para los funcionarios de la Administración Civil del Estado en los títulos I y III y en las disposiciones finales, adicionales y transitorias del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo, con las excepciones que se señalan en los artículos siguientes.

Artículo segundo.—Uno. El Cuerpo General de Policía estará constituido por las siguientes categorías: Comisarios principales, Comisarios, Subcomisarios, Inspectores de primera, Inspectores de segunda e Inspectores de tercera.

Dos. Para la modificación de las categorías que se establecen en el apartado anterior será de aplicación lo dispuesto en el punto uno del artículo sexto del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo.

Artículo tercero.—Uno. Una vez superadas las pruebas de selección y examen, los alumnos permanecerán en la Escuela General de Policía, en calidad de funcionarios en prácticas, durante un período de tres años, pasado el cual ingresarán, en su caso, en el Cuerpo General de Policía.

Dos. El Cuerpo citado en el número anterior quedará incluido, a los efectos económicos, en el nivel de titulación de Educación Universitaria (Diplomados, Arquitectos Técnicos, Ingenieros Técnicos, Titulados de Formación Profesional de tercer grado y equivalente), del artículo tercero del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete.

Artículo cuarto.—Grado. El grado se aplicará en la forma siguiente:

Uno. El grado del Cuerpo General de Policía resultará de la categoría y de la permanencia en el Cuerpo.

A) El grado por la categoría supondrá la percepción de una cantidad fija.

Al alcanzar la categoría mínima, por ingreso en el Cuerpo, se percibirá el grado inicial que se asigne conforme a lo dispuesto en el artículo sexto, dos, del Real Decreto-ley veintidós/mil novecientos setenta y siete, de treinta de marzo. Los sucesivos grados, uno por categoría, se devengarán con ocasión del ascenso. Sin embargo, durante el primer año de servicios en el Cuerpo no se percibirá la cuantía que correspondería al grado inicial.

B) Cada cinco años de servicios efectivos en el Cuerpo se perfeccionará un grado por permanencia en el mismo.

Cuando el número de grados por categorías, excluido el inicial, sea inferior al grado por permanencias, se devengarán un número de éstos últimos igual a la diferencia entre ambos, no procediendo reconocimiento alguno de grados por permanencia cuando el correspondiente al de las categorías sean igual o superior.

Dos. A los funcionarios de los Cuerpos Especiales Administrativo y Auxiliar de Oficinas de la Dirección General de Seguridad se les aplicará el grado en la forma prevista con carácter general para los funcionarios civiles de la Administración del Estado.

#### DISPOSICIONES FINALES

Primera.—El Gobierno, a propuesta del Ministro de la Gobernación, en base al principio de exclusiva dedicación del personal del Cuerpo General de Policía, regulará por Real Decreto, antes del uno de octubre de mil novecientos setenta y siete, el régimen de incompatibilidades de este personal en activo con el desempeño de otras actividades ajenas a su servicio no recogidas en el Real Decreto-ley diez/mil novecientos setenta y siete, de ocho de febrero, y cuya entrada en vigor tendrá lugar a partir de uno de enero de mil novecientos setenta y ocho. Igualmente se establecerá el régimen de in-

compatibilidades de los Cuerpos Especial Administrativo y Auxiliar.

Segunda.—El Gobierno, a iniciativa del Ministerio de la Gobernación, a propuesta de la Presidencia del Gobierno y previo informe del Ministro de Hacienda, podrá modificar, cualquiera que sea el rango de la disposición que las regula, las pensiones de recompensas de la Orden Civil del Mérito Policial, que están determinadas en porcentajes del sueldo.

Dado en Madrid a veinte de mayo de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado. aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

#### ARTICULO 28. DESCIMBRADO, DESENCOFRADO Y DESMOLDEO

Los distintos elementos que constituyen los moldes, el encofrado (costeros, fondos, etc.), como los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura, recomendándose, cuando los elementos sean de cierta importancia, el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

Las operaciones anteriores no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar, con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desencofrado, desmoldeo o descimbrado. Se recomienda que la seguridad no resulte en ningún momento inferior a la prevista para la obra en servicio.

Cuando se trate de obras de importancia y no se posea experiencia de casos análogos, o cuando los perjuicios que pudieran derivarse de una fisuración prematura fuesen grandes, se realizarán ensayos de información (véase artículo 67) para conocer la resistencia real del hormigón y poder fijar convenientemente el momento de desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

Se pondrá especial atención en retirar oportunamente todo elemento de encofrado o molde que pueda coartar las deformaciones del hormigón en el momento de la transferencia o impedir el libre juego de las juntas de retracción o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

En elementos de hormigón pretensado es fundamental que el descimbrado se efectúe de conformidad con lo dispuesto en el programa previsto a tal efecto al redactar el proyecto de la estructura. Dicho programa deberá estar de acuerdo con el correspondiente al proceso de tesado.

Para facilitar el desencofrado y, en particular, cuando se empleen moldes, se recomienda pintarlos con barnices antiadherentes que cumplan las condiciones prescritas en el artículo 18.

#### COMENTARIOS

Se llama la atención sobre el hecho de que en hormigones jóvenes no sólo su resistencia, sino también su módulo de deformación presenta un valor reducido; lo que tiene una gran influencia en las posibles deformaciones resultantes.

Resulta útil a menudo la medición de flechas durante el descimbrado de ciertos elementos, como índice para decidir si debe o no continuarse la operación e incluso si conviene o no disponer ensayos de carga de la estructura.

Se exige efectuar el descimbrado de acuerdo con un programa previo debidamente estudiado, con el fin de evitar que la estructura quede sometida, aunque sólo sea temporalmente durante el proceso de ejecución, a tensiones no previstas en el proyecto que puedan resultar perjudiciales.

#### ARTICULO 29. ACABADO DE SUPERFICIES Y TOLERANCIAS

Las superficies vistas de las piezas o estructuras, una vez desencofradas o desmoldeadas, no presentarán coqueas o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto exterior.

Terminadas las piezas, los defectos de planeidad o irregularidades de los paramentos, medidos haciendo pasar un escantillón de perfil adecuado y 2 m de longitud, no excederán de los siguientes valores:

- en superficies vistas: 5 mm.
- en superficies ocultas: 20 mm.

Por otra parte, se comprobarán cuantas tolerancias dimensionales (flechas, contraflechas, combas laterales, etc.) hayan sido especificadas en el proyecto.

En general, para el recubrimiento o relleno de las cabezas de anclaje, orificios, entalladuras, cajetines, etc. que deba efectuarse una vez terminadas las piezas, se utilizarán morteros fabricados con masas análogas a las empleadas en el hormigonado de dichas piezas, pero retirando de ellas los áridos de tamaño superior a 5 mm. Todas las superficies de mortero se acabarán de forma adecuada.

#### COMENTARIOS

##### ARTICULO 30. UNIONES DE CONTINUIDAD ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Las uniones entre las distintas piezas prefabricadas, pretendidas, que constituyen una estructura, o entre dichas piezas y los otros elementos estructurales construidos «in situ», deberán asegurar la correcta transmisión de los esfuerzos entre cada pieza y las adyacentes a ella.

Se construirán de tal forma que puedan absorberse las tolerancias dimensionales normales de prefabricación, sin originar solicitaciones suplementarias o concentración de esfuerzos en los elementos prefabricados.

Las testas de los elementos que vayan a quedar en contacto no podrán presentar irregularidades tales que impidan que las compresiones se transmitan uniformemente sobre toda la superficie de aquellas. El límite admisible para estas irregularidades depende del tipo y espesor de la junta; y no se permite intentar corregirlas mediante enlucido de las testas con mortero de cemento.

Las uniones por soldadura sólo pueden autorizarse cuando esté garantizada la soldabilidad de los elementos que se vayan a unir. En cualquier caso deberá cuidarse que el calor desprendido por la soldadura no produzca daños en el hormigón o en las armaduras de las piezas.

Las uniones mediante armaduras postesas exigen adoptar precauciones especiales si estas armaduras son de pequeña longitud. Su empleo es recomendable para rigidizar nudos y están especialmente indicadas para estructuras que deban soportar acciones sísmicas.

#### COMENTARIOS

Desde el punto de vista de la resistencia, durabilidad, deformaciones, etc. de la estructura, las uniones constituyen siempre puntos singulares que exigen una atención especial. Así, por ejemplo, su resistencia al fuego y a la corrosión deberá ser objeto de un detenido estudio.

Entre los tipos de junta que se consideran adecuados para las uniones de continuidad cabe citar los siguientes:

- las juntas de mortero (en cama o retacadas);
- las juntas hormigonadas;
- las juntas encoladas.

Las juntas de mortero deberán tener, como mínimo, de 10 a 20 mm de anchura. Los paramentos adyacentes de las piezas que vayan a unirse deberán estar limpios y no presentar picos o salientes, en los que se produciría concentración de tensiones, toda vez que la experiencia ha demostrado que la regularización de las testas con mortero no resulta eficaz.

En las juntas hormigonadas, el hormigón de relleno deberá ser al menos de la misma calidad que el utilizado para la construcción de las piezas prefabricadas que se vayan a unir, pero preparado, en caso necesario, con áridos de menor tamaño. La anchura de estas juntas será la suficiente para permitir una buena compactación del hormigón y nunca inferior a 75 mm. Cuando existan conductos destinados al paso de las armaduras de pretensado habrá que disponerlos cuidadosamente para que queden bien alineados en los extremos de las piezas que vayan a ser adyacentes. Deberán adoptarse, además, las precauciones necesarias para que el hormigón de la junta no penetre en el interior de los conductos ni aplaste las vainas comprimiéndolas contra las armaduras. En tanto no haya terminado el hormigonado de las juntas no se procederá a la usual limpieza de las vainas con chorro de agua, previa a la operación de inyectado de las mismas.

Un buen sistema en el caso de juntas encoladas consiste en fabricar una contra otra las testas de las dos piezas que vayan a unirse, con el fin de asegurar su buen acoplamiento y conseguir que el espesor de la capa de pegamento sea pequeño y uniforme. Es frecuente utilizar como pegamento resinas epoxi.

Las uniones mediante armaduras postesas resultan adecuadas,

por ejemplo para rigidizar los nudos, eliminar fisuras en las uniones y transformar en hiperestáticas las estructuras que, construidas con piezas prefabricadas, trabajan como isostáticas durante el período de ejecución. Como las armaduras postesas utilizadas en estas uniones son generalmente muy cortas, cualquier irregularidad en su trazado, variación en su longitud o deslizamiento en los anclajes origina una fuerte variación en su tensión. Por ello resulta de la mayor importancia controlar cuidadosamente la colocación de estas armaduras y el comportamiento de dichos anclajes.

Por otra parte, la fuerte curvatura que suele darse al trazado de estas armaduras ocasiona importantes pérdidas de tensión por rozamiento, que es necesario tener en cuenta en los cálculos.

##### ARTICULO 31. INYECCION

###### 31.1. Preparación de la mezcla

Los materiales sólidos utilizados para preparar el producto de inyección deberán dosificarse en peso.

El amasado de dichos materiales se realizará en un aparato mezclador capaz de preparar un producto de inyección de consistencia uniforme y, a ser posible, de carácter coloidal. Se prohíbe el amasado a mano.

El tiempo de amasado depende del tipo de aparato mezclador, pero, en cualquier caso, no será inferior a 2 minutos.

Después del amasado, el producto debe mantenerse en movimiento continuo hasta el momento de la inyección. Es esencial que en ese momento el producto se encuentre exento de grumos.

En el caso de vainas o conductos verticales, la relación agua/cemento de la mezcla debe ser algo mayor que en las mezclas destinadas a inyectar vainas horizontales.

#### COMENTARIOS

El aparato mezclador, el agitador si se utiliza y la bomba de inyección deben ser accionados por motores independientes y controlarse también cada uno por separado.

La bomba de inyección debe alimentarse por gravedad y no por succión, ya que este último sistema tiende a introducir aire en la mezcla, lo que debe evitarse.

El orden de introducción de los materiales en el mezclador debe ser: primero el agua, después el cemento y después los áridos, si se emplean. Si se utilizan aditivos, éstos deberán introducirse en el momento y en la forma indicada en las correspondientes instrucciones para su empleo.

El tiempo de amasado necesario oscila entre 2 y 4 minutos, dependiendo del tipo de mezclador.

Para evitar los grumos se recomienda pasar el producto, en el momento en que se vaya a proceder a la inyección, por un tamiz que al mismo tiempo elimine las impurezas y cuya abertura de malla sea de 2 mm si se trata de mortero y 0,16 mm en el caso de lechada. Podrá utilizarse también cualquier otro procedimiento eficaz que produzca el mismo efecto.

###### 31.2. Ejecución de la inyección

La inyección debe efectuarse lo más pronto posible después del tesado. Si, por razones constructivas, debiera diferirse, se efectuará una protección provisional de las armaduras, utilizando algún método o material que no impida la ulterior adherencia de los tendones al producto de inyección.

El procedimiento de inyección utilizado deberá permitir rellenar totalmente la vaina o conducto y recubrir por completo los tendones.

Las bombas de inyección pueden ser accionadas por motor o a mano. En el caso de vainas largas verticales no es aconsejable utilizar las bombas accionadas a mano.

Antes de proceder a la inyección de la mezcla debe limpiarse el conducto con aire comprimido. En el caso de conductos sin vaina (paredes de hormigón) se inyectará agua para humedecer dicho hormigón. Después se expulsará el agua sobrante inyectando aire comprimido o por cualquier otro medio.

La inyección debe ser continua e ininterrumpida. La bomba tendrá capacidad suficiente para asegurar, en conductos de menos de 10 cm de diámetro, una velocidad de avance comprendida entre 6 y 12 m/minuto, con una presión inferior a 10 atmósferas.

Deberá estar dotada de un dispositivo de seguridad que evite las sobrepresiones.

Se prohíbe efectuar la inyección mediante aire comprimido.

La unión del conducto que se vaya a inyectar con el tubo por el que se inyecta debe ser hermética para evitar arrastre de aire.

Siempre que sea posible, la inyección debe efectuarse desde el anclaje más bajo o desde el tubo de toma inferior del conducto.

La inyección debe prolongarse hasta que la consistencia de la mezcla que rebosa por el extremo libre del conducto sea igual a la del producto inyectado y, una vez terminada, deben adoptarse las medidas necesarias para evitar pérdidas de la mezcla en el conducto.

En el caso de vainas o conductos verticales, en la parte superior debe colocarse un pequeño depósito con pasta, mantenido constantemente lleno, para compensar la reducción de volumen que se produce. Es importante que este depósito se sitúe en posición centrada encima del conducto, con el fin de que el agua ascendente por exudación pueda unirse a la mezcla contenida en el depósito y no se quede acumulada en el extremo superior de la vaina, lo que resultaría peligroso para la protección del tendón y del anclaje correspondiente.

En tiempo frío y, especialmente en tiempo de heladas, deben tomarse precauciones especiales. En primer lugar, es necesario asegurarse de que, al iniciar la inyección, no existe hielo en los conductos. Para ello debe inyectarse agua caliente, pero nunca vapor.

Si se prevé que la temperatura no descenderá por debajo de los 5° C en las 48 horas siguientes a la inyección, se puede continuar ésta utilizando un producto, poco sensible a las heladas, que contenga del 8 al 10 por 100 de aire oculto y que cumpla las condiciones prescritas en el artículo 17.

Si es probable que la temperatura descienda por debajo de los 2° C durante las 48 horas siguientes a la inyección, deberá calentarse el elemento de la estructura, de modo que su temperatura no baje de 5° C durante ese tiempo. Por el contrario, cuando la temperatura ambiente exceda de los 35° C es recomendable enfriar el agua de la mezcla.

En todos los casos, una vez terminada la inyección deben obturarse herméticamente los orificios y tubos de purga, de modo que se evite la penetración en los conductos, de agua o de cualquier otro agente corrosivo para las armaduras.

#### COMENTARIOS

El plazo máximo, que normalmente se considera admisible, desde que se concluye el tesado hasta que se efectúa la inyección es el de un mes.

Para comprobar que las vainas o conductos han quedado totalmente rellenos se recomienda comparar el volumen de los huecos a rellenar, con la cantidad de mezcla realmente inyectada. A tal efecto se dispondrán los oportunos aparatos de control a la entrada y a la salida de la inyección.

La limpieza de los conductos con aire comprimido sirve, además, para detectar posibles tapones en el interior de dichos conductos. Si existiese algún bloqueo puede intentarse su eliminación tirando de los cables alternativamente en uno y otro sentido.

Conviene que la presión de inyección sea lo más baja posible; los valores normales oscilan entre 3 y 7 atmósferas. Estos valores se alcanzarán por aumentos progresivos, sin saltos bruscos.

La inyección debe hacerse con la lentitud necesaria para impedir la segregación de la mezcla.

En conductos muy largos o de gran diámetro puede ser necesario repetir la inyección, después de 2 horas, para compensar la eventual reducción de volumen de la mezcla.

Cuando se inyectan cables largos y ondulados, en los que se necesita una presión elevada, se puede cerrar el extremo por el que se ha iniciado la inyección y continuarla por los sucesivos tubos de purga.

En caso de tener que efectuar la inyección en tiempo de bajas temperaturas se puede proteger contra las heladas mediante un calentamiento adecuado de las vainas y, por supuesto, del agua.

Una vez terminada la inyección conviene plegar y atar los tubos de salida, en forma análoga a como se hace con una válvula de balón.

#### 31.3 Inspección

Deberá hacerse un informe de cada inyección en el que se anoten: las características del producto, la temperatura ambiente en el momento de la inyección, el tipo de cemento utilizado, el aditivo en su caso incorporado a la mezcla y su dosificación, la relación agua/cemento elegida, el tipo de mezclador, la duración del mezclado y las probetas que se han fabricado para controlar las condiciones prescritas en el artículo 17.

Los informes de las inyecciones deben formar parte de los documentos de la obra.

#### COMENTARIOS

Se recomienda, a efectos de control, medir en obra la fluidez del producto de inyección, de acuerdo con lo indicado en 17.2.

#### 31.4 Medidas de seguridad

Durante la inyección de los conductos, los operarios que trabajen en las proximidades deberán ir provistos de gafas protectoras o una pantalla transparente, en previsión de posibles escapes de la mezcla inyectada a presión.

No debe mirarse por los tubos utilizados como respiraderos o rebosaderos, para comprobar el paso del producto de inyección.

Cuando la inyección se efectúa en obra y existe circulación en zonas próximas se adoptarán las oportunas precauciones para impedir que, si se escapa el producto de inyección, pueda ocasionar daños.

#### COMENTARIOS

Un chorro brusco del producto de inyección a presión puede ocasionar graves daños, especialmente si salta a los ojos. La mezcla inyectada puede atascarse temporalmente y, como continúa aplicándose presión, desatascarse después, de un modo brusco, soltando un chorro por los respiraderos o por el extremo de la vaina opuesto a aquel por el que se inyecta, originando graves daños.

#### ARTICULAR 32. OBSERVACIONES GENERALES RESPECTO A LA EJECUCION

##### 32.1 Adecuación del proceso constructivo al proyecto

Se adoptarán las medidas necesarias para conseguir que las disposiciones constructivas y los procesos de ejecución se ajusten en todo a lo indicado en el proyecto.

En particular deberá cuidarse de que tales disposiciones y procesos sean compatibles con las hipótesis consideradas en el cálculo, especialmente en lo relativo a los enlaces (empotramientos, articulaciones, apoyos simples, etc.).

Si el proceso constructivo sufre alguna modificación sustancial deberá ser objeto de un nuevo estudio a nivel de proyecto.

#### COMENTARIOS

##### 32.2 Acciones mecánicas durante la ejecución

Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados. Se recomienda que en ningún momento la seguridad de la estructura durante la ejecución sea inferior a la prevista en el proyecto para la estructura en servicio.

Cuando la construcción de las obras da lugar a fases sucesivas de descimbrado, de pretensado o de puesto en carga puede ser necesario determinar las sollicitaciones correspondientes a un cierto número de estas fases. Esta determinación se efectuará en cada caso según el método apropiado.

Por otra parte, conviene advertir que la fluencia ejerce efectos importantes sobre las construcciones sometidas a vínculos retardados, es decir, introducidos después de aplicar una parte de las cargas.

#### COMENTARIOS

La actuación prematura de cargas estáticas o dinámicas, de valor excesivo, puede originar daños de diversa índole que se reflejan normalmente en una fisuración o deformación inadmisibles de los elementos ya hormigonados y que es imprescindible evitar. La acumulación de materiales (acopio de ladrillos en forjados de edificación, por ejemplo) y la trepidación originada por ciertas máquinas auxiliares de obra son dos de las causas que pueden provocar tales daños en aquellos elementos sobre los que actúan directamente esas cargas, especialmente si dichos elementos no han alcanzado aún su resistencia prevista.

Todas las manipulaciones y situaciones provisionales y, en particular, el transporte, montaje y colocación de las piezas prefabricadas, deberán ser objeto de estudios previos. Será preciso también justificar que se han previsto todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad, la precisión en la colocación y el mantenimiento correcto de las piezas, en su posición definitiva, antes y durante la ejecución y, en su caso, durante el endurecimiento de las juntas construidas en obra.

Como norma general se admite superponer las deformaciones calculadas (en lugar de las tensiones) correspondientes a las sucesivas fases constructivas. De esta forma, y utilizando los

diagramas tensiones-deformaciones de los materiales, se pueden tener en cuenta adaptaciones que resultan favorables desde el punto de vista económico.

### ARTICULO 33. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA ACCIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

#### 33.1. Generalidades

Cuando el hormigón haya de estar sometido a acciones físicas o químicas que por su naturaleza puedan perjudicar a algunas cualidades de dicho material, se adoptarán, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, las medidas oportunas para evitar los posibles perjuicios o reducirlos al mínimo. Para ello deberán observarse las prescripciones de carácter general que a continuación se indican, así como las particulares dadas en 33.2, 33.3, 33.4 y 33.5.

En el hormigón se tendrá en cuenta no sólo la durabilidad del hormigón frente a las acciones físicas y al ataque químico, sino también la corrosión que puede afectar a las armaduras, debiéndose, por tanto, prestar especial atención a sus recubrimientos.

En estos casos, los hormigones deberán ser muy homogéneos, compactos e impermeables.

#### COMENTARIOS

Debe advertirse que, independientemente de los casos de hormigonado en tiempo frío indicados en el artículo 25, existe también el peligro de heladas en épocas posteriores. Frente a ellas, el hormigón ya endurecido se comporta como un material pétreo cualquiera, siendo su menor o mayor capacidad de absorción de agua la causa determinante de su mejor o peor comportamiento.

Las aguas puras, como las de lluvia, nieve y algunos manantiales de montaña, disuelven la cal libre del hormigón, debido especialmente a su alto contenido en anhídrido carbónico.

Por último, este artículo es de aplicación en aquellos casos en que el hormigón se encuentra en contacto con un medio químicamente agresivo (atmósfera, agua y líquido en general, suelo o cualquier sustancia).

#### 33.2. Durabilidad del hormigón

Por lo que respecta a la durabilidad del hormigón deberá elegirse cuidadosamente en el proyecto el tipo, clase y categoría de conglomerante que haya de ser empleado, según las características particulares de la obra o parte de la misma de que se trate y la naturaleza de las acciones o ataques que sean de prever en cada caso. Si se emplean distintos tipos de conglomerantes en una misma obra se tendrá presente lo indicado en los últimos párrafos de los artículos 22 y 24.

En cuanto a los áridos deberá comprobarse que cumplen las limitaciones indicadas en el artículo 9.º y, de modo especial, las relativas a reactividad con los álcalis del cemento.

Con independencia de las precauciones señaladas, que tienen un carácter marcadamente preventivo, deberán adoptarse medidas especiales de protección del hormigón ya endurecido, mediante revestimientos o tratamientos superficiales adecuados, en función de la naturaleza e intensidad de las acciones nocivas actuantes.

#### COMENTARIOS

En la protección frente a los agentes químicos agresivos, las medidas preventivas suelen ser las más eficaces y menos costosas. Por ello, la durabilidad es una cualidad que debe tenerse en cuenta durante la realización del proyecto, estudiando la naturaleza e intensidad potencial previsible del medio agresivo y eligiendo los materiales, dosificaciones y procedimientos de puesta en obras más adecuados en cada caso.

Entre las muchas variables que influyen en los fenómenos de carácter agresivo, la compacidad del hormigón es una de las más importantes y todo lo que se haga por aumentarla redundará en una mayor durabilidad del elemento correspondiente.

Por otra parte, la elección del tipo, clase y categoría del cemento o cementos que vayan a emplearse es otro extremo con repercusión directa en la durabilidad del hormigón.

Por último, se reseñan a continuación las sustancias que, de un modo genérico, poseen carácter agresivo para el hormigón:

- a) gases que posean olor amoniacal o que, por su carácter ácido, enrojecen el papel azul de tornasol humedecido con agua destilada;
- b) líquidos que desprendan burbujas gaseosas, posean olor nauseabundo, dejen residuos cristalinos o terrosos al

evaporarlos o que por su carácter ácido enrojecen el papel azul de tornasol; aguas muy puras o de alta montaña y aceites vegetales;

- c) tierras o suelos con humus o sales cristalizadas; sólidos secos o húmedos, cuyas dispersiones acuosas enrojecen el papel azul de tornasol.

#### 33.3. Corrosión de las armaduras pasivas

Por lo que respecta a la corrosión de las armaduras pasivas, en la fabricación de los hormigones armados se proscriben el empleo de materiales (agua o áridos) capaces de aportar sales solubles al hormigón. Además, se utilizarán tan sólo conglomerantes de gran estabilidad de volumen, con objeto de reducir el peligro de fisuración.

#### COMENTARIOS

El hormigón, en general, y el de cemento portland, en particular, es un medio alcalino, protector de las armaduras contra la corrosión. Pero si por una circunstancia cualquiera (penetración de agua, disoluciones ácidas o gases húmedos ácidos) la alcalinidad disminuye, la protección puede peligrar e incluso anularse. En tales condiciones, la presencia de aniones salinos y, en particular, la de cloruros puede producir una fuerte corrosión de las armaduras.

Los productos de la corrosión (herrumbre) por las condiciones de su formación y por su naturaleza en ningún caso pueden servir de protección a las armaduras; por lo que el fenómeno corrosivo, una vez iniciado, progresa de manera continua si persiste la causa que lo originó. Por otra parte, los productos de la corrosión se forman con carácter expansivo, desarrollando grandes presiones que provocan la fisuración y el agrietamiento del hormigón junto a las armaduras y abren nuevos cauces a los agentes agresivos.

De aquí la gran importancia que tienen la compacidad del hormigón y los recubrimientos en la protección de las armaduras. La corrosión química ocasionada por las sustancias ácidas y salinas puede ser notablemente acelerada e intensificada por la superposición de fenómenos electroquímicos debidos a corrientes vagabundas o derivadas, como ocurre, por ejemplo, en el caso de existir conducciones eléctricas, incluidas o no en la masa del hormigón, que corran paralelas y próximas a las armaduras principales (véase comentario al artículo 24).

A efectos de protección de las armaduras contra posibles peligros de corrosión de uno u otro tipo deben tenerse en cuenta los hechos siguientes:

- 1.º La corrosión, como fenómeno cuya ocurrencia es aleatoria, está regida por las leyes de la probabilidad y, en consecuencia, implica siempre un riesgo.
- 2.º Una eficaz garantía contra este riesgo consiste en la observancia de las indicaciones y recomendaciones anteriormente hechas.
- 3.º La corrosión de las armaduras, como la de cualquier estructura metálica, puede combatirse más fácil y económicamente si se prevé por anticipado. En cambio, una vez comenzada, sus efectos son imposibles o muy difíciles de evitar, y siempre a un costo elevado.
- 4.º Cuando se presumen riesgos serios de corrosión es aconsejable documentarse debidamente, recurriendo a las publicaciones especializadas o al dictamen de especialistas idóneos.

#### 33.4. Corrosión de las armaduras activas

Para evitar los graves daños que puede ocasionar la corrosión de las armaduras estas se prohíbe utilizar, para la fabricación de los hormigones y de los productos de inyección, materiales que contengan cloro, azufre o sus derivados (especialmente cloruros y sulfuros), en proporciones superiores a las prescritas en los artículos 7.º, 8.º, 9.º, 10 y 17. Asimismo deberán estar exentos de cualquier sustancia que catalice la absorción del hidrógeno por el acero.

Se prohíbe la utilización de empalmes o sujeciones con otros metales distintos del acero, la de aceros protegidos por recubrimientos metálicos y, salvo confirmación experimental de su eficacia en cada caso particular, la de protección catódica.

#### COMENTARIOS

En las estructuras pretensadas existe un riesgo especial de corrosión de las armaduras sometidas a tensión. Las precauciones recomendables para eludir este fenómeno son:

(Continuará.)

Cuatro. En aquellos Departamentos Ministeriales en que no exista Subsecretario, el Secretario de Estado asumirá las funciones reconocidas a aquél en el artículo quince de la Ley de Régimen Jurídico de la Administración del Estado.

Cinco. Los Secretarios de Estado serán designados por Decreto acordado en Consejo de Ministros y a propuesta del Ministro respectivo.

#### Disposición final segunda

Uno. En el plazo de cuatro meses el Gobierno, por Decreto acordado en Consejo de Ministros, aprobará las disposiciones reguladoras en las estructuras orgánicas de cada Departamento, acordando la creación, modificación, fusión y supresión de cuantas unidades, dependencias y organismos se consideren convenientes, así como su definitiva adscripción a los Departamentos Ministeriales que corresponda.

Dos. Por los Ministerios de Economía y Hacienda se dictarán las medidas oportunas para la coordinación del gasto público, creando a tal efecto una Comisión de Presupuesto y gasto dependiente de ambos Ministerios, encargada de la definición y propuesta de modificación de la política presupuestaria.

#### Disposición final tercera

Dependientes de los Ministerios de Economía y Hacienda se crea una Comisión de Política Financiera, a la que corresponderá la definición de las normas que regulan las Instituciones Financieras y las propuestas que se consideren oportunas en este ámbito.

#### Disposición final cuarta

Las integraciones de unidades administrativas en los distintos Departamentos que se verifican por este Real Decreto suponen, asimismo, las de las competencias que se venían ejercitando a través de dichas unidades.

#### Disposición final quinta

Se autoriza al Ministerio de Hacienda para efectuar las transferencias de créditos precisas y, en su caso, la habilitación de créditos indispensables para dar cumplimiento a lo dispuesto en el presente Real Decreto.

#### Disposición final sexta

El Ministro de Trabajo asumirá las funciones y competencias que hoy corresponden al Ministro de Relaciones Sindicales.

#### Disposición final séptima

El presente Real Decreto entrará en vigor el mismo día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

#### Disposición adicional

Se crea en el Ministerio de Economía la Subsecretaría del Departamento.

Dado en Madrid a cuatro de julio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Presidente del Gobierno.  
ADOLFO SUAREZ GONZALEZ

**15201** ORDEN de 4 de julio de 1977 sobre financiación de viviendas de protección oficial —grupo I— que se destinen a «Acceso diferido a la propiedad».

Excelentísimos señores:

La Orden del Ministerio de la Vivienda de 22 de enero de 1977 por la que se actualiza el módulo y regula la promoción de viviendas del grupo I, de protección oficial en el año 1977, y a la que remite el Real Decreto 380/1977, de 11 de mayo, establece como medidas de financiación préstamos a favor de los promotores y compradores de esta clase de viviendas.

Cuando se trata de viviendas construidas por Cooperativas u otras Entidades sin ánimo de lucro, las viviendas se ceden en acceso diferido a la propiedad y, por tanto, el dominio de las mismas no se transfiere mientras que el coste de la vivienda no se haya terminado de amortizar por el adquirente. Por esta razón el adquirente no puede obtener un crédito con

garantía hipotecaria. En su consecuencia, la única financiación que regulan las normas hoy vigentes es la del promotor, por una cuantía de hasta el 30 por 100 del presupuesto protegible y por un plazo de dieciséis anualidades iguales más dos años de carencia, mientras que en el régimen general en el que la propiedad de la vivienda se transfiere desde el primer momento el crédito del comprador puede llegar hasta el 70 por 100 del precio de venta autorizado y por un plazo de quince años.

La desigualdad de trato que comportan los regímenes expuestos, así como la necesidad de fomentar cuantas iniciativas ayuden a solucionar el problema de la vivienda y disminuir el nivel de desempleo aconseja corregir, en alguna medida, la diferencia de trato que queda expuesta.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Hacienda y de la Vivienda, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero.—Cuando el destino de las viviendas del grupo I, de protección oficial, promovidas al amparo de la Orden ministerial de 22 de enero de 1977, sea el de acceso diferido a la propiedad, la cuantía del préstamo al promotor podrá alcanzar hasta el sesenta por ciento (60 por 100) del presupuesto protegible, manteniéndose el resto de las condiciones que se señalan en el artículo 12, apartado b), de la Orden citada.

Segundo.—La presente Orden ministerial entrará en vigor el mismo día de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Lo que comunico a VV. EE.  
Dios guarde a VV. EE.  
Madrid, 4 de julio de 1977.

OSORIO

Excmos. Sres. Ministros de Hacienda y de la Vivienda.

**14406** INSTRUCCIÓN para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1406/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

- Evitar la presencia de cualquier tipo de cloruros en los productos de inyección y en el hormigón.
- Vigilar que en los componentes del hormigón y en el agua de curado se cumplen las limitaciones impuestas a los contenidos de cloruros, sulfuros, sulfitos y catalizadores de la absorción del hidrógeno por los aceros. Como ejemplos de catalizadores pueden citarse el arsénico (As<sup>+</sup>), el cianuro de azufre (CNS<sup>-</sup>), el azufre (S<sup>-</sup>), etc.
- Evitar que se desprenda hidrógeno, capaz de penetrar en el acero, como puede ocurrir si se utilizan determinados tipos de aditivos. Por la misma razón deben evitarse aquellas situaciones en las que el acero pueda actuar como cátodo.
- Prohibir la utilización de aceros protegidos por recubrimientos metálicos, como ocurre con el cinc en los productos galvanizados, para evitar el riesgo que supondría utilizar armaduras con defectos en su recubrimiento, en cuyo caso la protección resultaría contraproducente. No deben considerarse como recubrimientos metálicos las capas de sales metálicas que se utilizan normalmente como pasivantes (por ejemplo, los fosfatos metálicos) y cuya acción es beneficiosa frente a la corrosión.

Conviene recordar que todas estas situaciones se agravan en el caso de atmósferas agresivas o elementos sometidos a esfuerzos alternados o repetidos.

Un ensayo que puede realizarse para conocer la sensibilidad del acero a la corrosión bajo tensión, por la acción fisurante del hidrógeno, es el ensayo de «trocianato amónico».

El fundamento del ensayo consiste en someter la armadura, solicitada con una tensión  $\sigma_p = 0,8 f_{max}$ , a la acción de una solución al 20 por 100 en peso de tiocianato amónico durante 200 horas, manteniendo la solución a una temperatura de  $35^\circ C \pm 1^\circ C$ .

La disposición general del ensayo aparece en la figura 33.4. La longitud de probeta expuesta a la acción de la solución será mayor o igual que 200 mm. La probeta deberá estar desengrasada con tricloroetileno antes de ser introducida en la célula de corrosión y se protegerá en las zonas próximas a los orificios de entrada y salida de la célula con laca anticorrosiva o cualquier otro material que impida la corrosión. Esta protección se realiza para impedir efectos parásitos adicionales derivados del contacto del acero con el material de la célula.

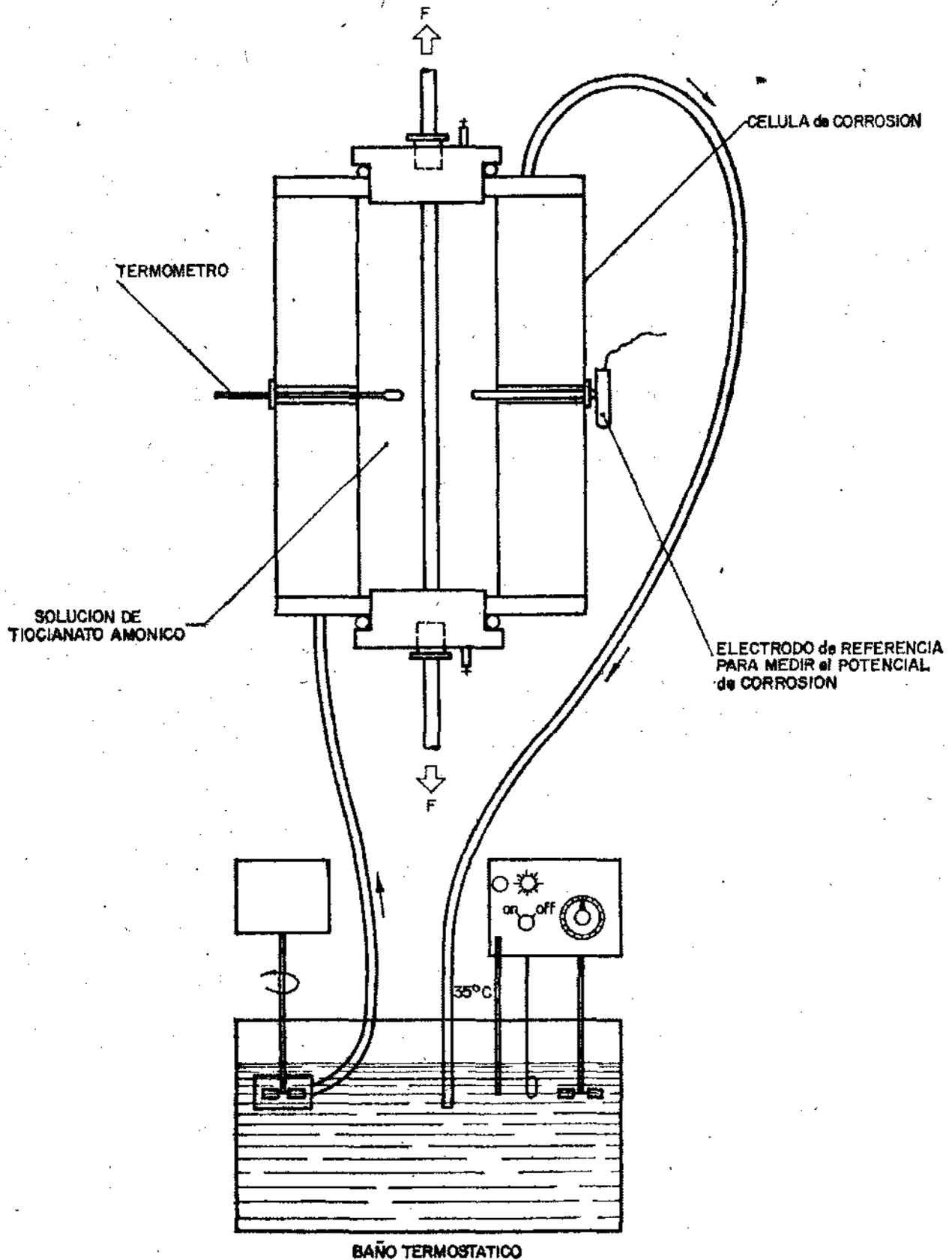


Fig. 33.4

Una vez montada la probeta en la célula de corrosión se le somete a la tensión  $\sigma_c$ . Al alcanzarse esta tensión se introduce en la célula la solución de tiocianato amónico y se comienza a contar, a partir de este momento, el tiempo de ensayo.

Durante la marcha del proceso se controlará la temperatura

de la solución y se medirá el potencial de corrosión. La medida del potencial permite controlar el desarrollo del ensayo. Se considera que el ensayo se realiza satisfactoriamente si el valor del potencial de corrosión es inferior a  $-700$  mV medidos respecto al electrodo de calcmelanos de referencia.

Si pasadas las 200 horas no se ha producido la rotura de la probeta, se considera el acero poco susceptible a la corrosión fisurante por hidrógeno y se le someterá a ensayo de tracción para conocer sus características mecánicas y comprobar en qué forma han quedado afectadas por la corrosión.

33.5. Protección y conservación de las armaduras activas y de las anclajes

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar que las armaduras activas, durante su almacenamiento, colocación o después de colocadas en obra, experimenten daños, especialmente entalladuras o calentamientos locales, que puedan modificar sus características o dar lugar a que se inicie un proceso de corrosión.

También deberá impedirse que, en los conductos en que se alojan los tendones, pueda penetrar agua o cualquier otro agente agresivo susceptible de ocasionar la corrosión de las armaduras o de sus anclajes.

Particularmente peligrosa puede resultar la penetración del agua en las vainas o conductos de las armaduras en tiempo frío, ya que entonces, aparte del riesgo de corrosión, puede producirse el agrietamiento o incluso la rotura del hormigón de la pieza por el aumento de volumen que experimenta el agua al helarse.

Terminadas las operaciones de tesado y, en su caso, de retesado deberán cortarse los trozos de las armaduras que sobresalgan de las piezas. Para ello podrá utilizarse sierra de disco, cizalla o cincel. No se recomienda el empleo de arco eléctrico o soplete, ya que requiere precauciones especiales para evitar que resulte dañado el acero.

Una vez colocadas y tesas las armaduras se protegerán por medio de una lechada o mortero de inyección que cumpla las condiciones prescritas en el artículo 17 o por cualquier otro procedimiento eficaz debidamente experimentado. En el caso de ambientes normales esta protección deberá realizarse en el plazo máximo de un mes contado a partir de la terminación de la primera etapa de tesado de las armaduras; pero si el ambiente es agresivo, dicho plazo deberá reducirse en la medida necesaria para impedir que pueda iniciarse el ataque a las armaduras. No obstante, cuando las condiciones particulares del proceso de ejecución de la estructura así lo exijan podrán ampliarse los plazos mencionados; pero en tal caso deberán protegerse provisionalmente los tendones utilizando algún método eficaz (aceite soluble, por ejemplo), que no obstaculice el posterior tesado de las armaduras ni comprometa la eficacia de la ulterior protección definitiva.

Cuando se utilicen tendones no adherentes, la protección se hará de acuerdo con lo que sobre el particular se indique en el proyecto.

Antes de utilizar un anclaje se comprobará que se encuentra en buen estado. Si se trata de anclajes por cuñas se inspeccionará si el interior de los tacos o conosembra está limpio y si existen obstáculos que impidan que aquéllas puedan moverse libremente dentro del anclaje para lograr su perfecto ajuste. Las rosas de las barras y sus tuercas deberán estar bien limpias y engrasadas; y se mantendrán con sus envolturas protectoras hasta el momento de su utilización. Cuando se vayan a introducir las barras en sus conductos de alojamiento se protegerán las rosas adecuadamente para evitar que se dañen por abrasión.

Finalizada la inyección de las vainas o conductos en que van colocadas las armaduras activas, todas las piezas que constituyen el anclaje deberán protegerse contra la corrosión mediante hormigón, mortero, pintura u otro tipo de recubrimiento adecuado. Análogamente a lo indicado para las armaduras, esta protección deberá efectuarse lo más pronto posible y, en cualquier caso, antes de transcurrido un mes desde la terminación del tesado.

COMENTARIOS

Se cuidará especialmente de que en las proximidades de las armaduras de pretensado no se realicen operaciones de soldadura u otras capaces de desprender fuerte calor, para evitar que los aceros resulten sometidos a temperaturas elevadas corriente parásitas o chispas desprendidas al soldar.

En tiempo frío podrán adoptarse las siguientes medidas provisionales de protección:

- a) Colocar, en los extremos de las vainas o conductos por los que pueda penetrar el agua, y después de haber eliminado la que haya podido introducirse ya en ellos, tapones estancos que recubran sus extremos.

- b) Rellenar los conductos con una mezcla de agua y anti-congelante, asegurándose de que la proporción de éste se mantendrá en su valor adecuado durante todo el plazo necesario. El producto anticongelante no deberá ejercer acción perjudicial alguna sobre el acero y permitirá su total y fácil eliminación inmediatamente antes de aplicar la protección definitiva.

Las armaduras tesas y ancladas, si quedan insuficientemente protegidas, pueden estar expuestas a una corrosión bajo tensión o a un principio de fragilización por hidrógeno, que es preciso evitar.

El plazo de un mes indicado para efectuar la protección definitiva debe interpretarse como un máximo que conviene rebajar siempre que sea posible y, sobre todo, cuando la estructura se encuentre sometida a la acción de atmósferas agresivas.

TITULO 2.º

De la realización del proyecto

CAPITULO IV

Características de los materiales

ARTICULO 34. CARACTERISTICAS DE LOS ACEROS

34.1. Generalidades

Los aceros de las armaduras pasivas deberán cumplir las condiciones prescritas en el artículo 12.

Las armaduras activas deberán estar constituidas por aceros que cumplan las condiciones prescritas en el artículo 13.

COMENTARIOS

34.2. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras pasivas

Diagrama tensión-deformación de proyecto es el que se adopta en el proyecto como base de los cálculos, asociado a un nivel de confianza del 95 por 100.

Diagrama característico tensión-deformación del acero en tracción es aquel que tiene la propiedad de que los valores de la tensión presentan un nivel de confianza del 95 por 100 con respecto a los correspondientes valores obtenidos en ensayos de tracción realizados según la UNE 7262.

En compresión puede adoptarse el mismo diagrama que en tracción.

A falta de datos experimentales precisos puede suponerse que dicho diagrama característico adopta la forma de la figura 34.2.a o 34.2.b, según se trate de aceros de dureza natural o endurecidos por deformación en frío, respectivamente; pudiendo tomarse estos diagramas como de proyecto si se adoptan los valores tipificados del límite elástico dados en el artículo 12.

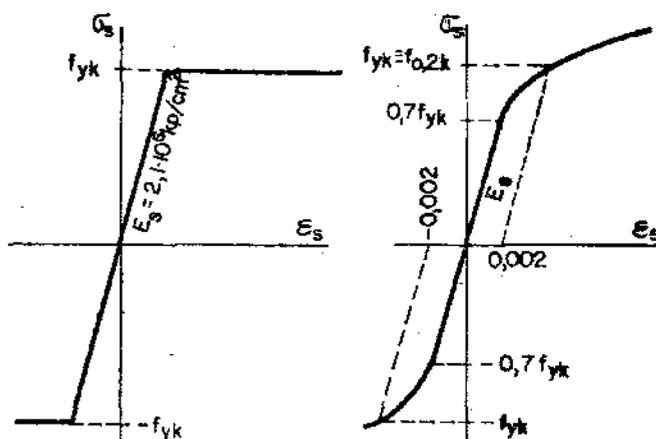


Fig. 34.2.a

Fig. 34.2.b

En la figura 34.2.b, a partir del valor  $0.7 f_{yk}$ , el diagrama se define mediante la siguiente expresión:

$$\text{para } \sigma_s \geq 0.7 f_{yk}; \epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} + 0.823 \left[ \frac{\sigma_s}{f_{yk}} - 0.7 \right]^2$$

COMENTARIOS

El conocimiento del diagrama característico tensión-deformación del acero permite dimensionar las secciones sometidas a sollicitaciones normales (flexión, compresión) con mayor precisión y economía que si sólo se conoce el valor del límite elástico. Se recomienda, por ello, que los fabricantes de acero establezcan y garanticen este diagrama para cada uno de los tipos que suministren, con objeto de poderlos tipificar como diagramas de proyecto.

Para establecer el diagrama y comprobarlo con ensayos de recepción se admite que es suficiente determinar las tensiones correspondientes a las siguientes deformaciones: 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,006, 0,008 y 0,01.

34.3. Resistencia de cálculo del acero para armaduras pasivas

Se considerará como resistencia de cálculo del acero  $f_{yd}$  el menor de los dos valores siguientes:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = \frac{f_t}{1,30}$$

en las que  $f_{yk}$  es el límite elástico de proyecto;  $f_t$ , la carga unitaria de rotura, y  $\gamma_s$ , el coeficiente de minoración definido en el artículo 41.

Las expresiones indicadas son válidas tanto para tracción como para compresión.

COMENTARIOS

Se recuerda que en piezas sometidas a compresión simple, la deformación de rotura del hormigón toma el valor 2 por 1.000, lo que limita la resistencia de cálculo para el acero al valor de la tensión correspondiente a dicha deformación en el diagrama del acero empleado (para el acero de dureza natural, 4.200 kp/cm<sup>2</sup>).

34.4. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras pasivas

El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras pasivas (en tracción o en compresión) se deduce del diagrama de proyecto mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta HOOKE, de razón  $1/\gamma_s$ , o la que corresponda si es operante la segunda limitación de 34.3.

Si se utilizan los diagramas de las figuras 34.2.a y 34.2.b se obtienen los diagramas de cálculo de las figuras 34.4.a y 34.4.b.

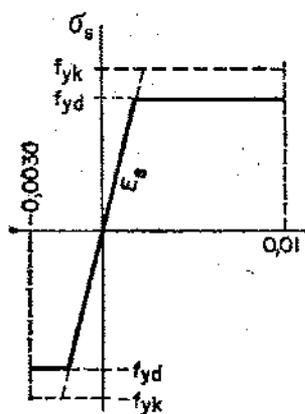


Fig. 34.4.a

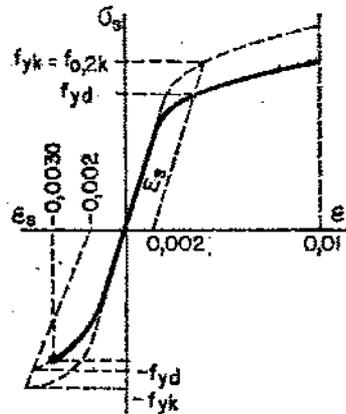


Fig. 34.4.b

Se admite el empleo de diagramas simplificados de cálculo, de tipo birrectilíneo u otros, siempre que su uso conduzca a resultados que queden del lado de la seguridad o estén suficientemente avalados por la experiencia.

COMENTARIOS

La deformación del acero en tracción se limita al valor 10 por 1.000 y la de compresión al valor 3,0 por 1.000 (véase 47.3 y su comentario).

34.5. Diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras activas

Como diagrama tensión-deformación de proyecto del acero para armaduras activas (alambre, barra, torzal, cordón o cable) puede adoptarse el que establezca su fabricante hasta la deformación  $\epsilon_p = 0,02$ , basado en una amplia experimentación y garantizando que las tensiones que corresponden a las deformaciones a intervalos 0,005 están asociadas a un nivel de confianza del 96 por 100.

Si no se dispone de este diagrama garantizado puede utilizarse el definido hasta la deformación  $\epsilon_p = 0,02$  por la expresión:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_p}{E_p} + 0,823 \left( \frac{\sigma_p}{f_{pk}} - 0,7 \right)^2$$

que se representa en la figura 34.5, siendo  $E_p$  el módulo de deformación longitudinal definido en 34.8.

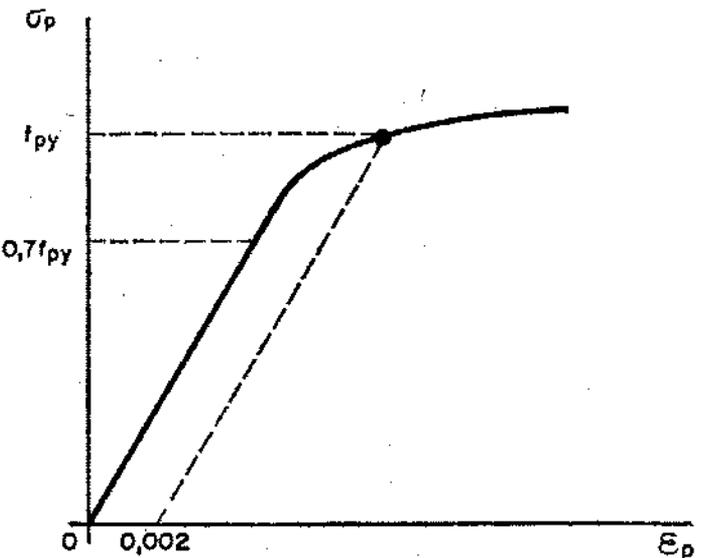


Fig. 34.5.—Diagrama tensión-deformación de proyecto

34.6. Resistencia de cálculo del acero para armaduras activas

Como resistencia de cálculo del acero para armaduras activas se tomará:

$$f_{sd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s}$$

siendo  $f_{pk}$  el valor del límite elástico de proyecto y  $\gamma_s$ , el coeficiente de minoración del acero dado en el artículo 41.

COMENTARIOS

34.7. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras activas

El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero para armaduras activas se deducirá del correspondiente diagrama de proyecto mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta de HOOKE, de razón  $1/\gamma_s$  (véase fig. 34.7.a).

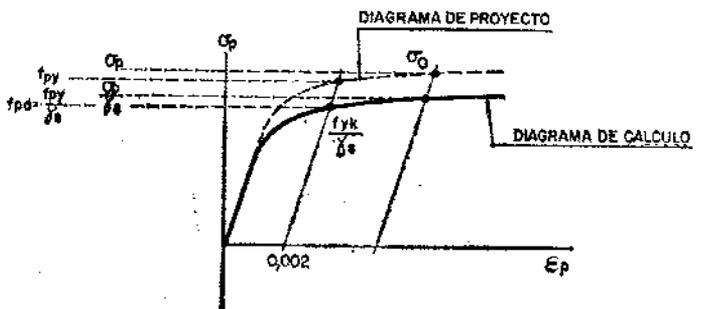


Fig. 34.7.a

Como simplificación a partir de  $f_{pd}$  se podrá tomar  $\sigma_p = f_{pd}$  (ver figura 34.7.b).

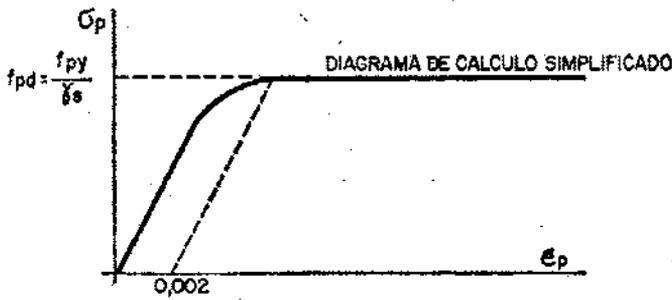


Fig. 34.7.b

34.8. Módulo de deformación longitudinal del acero para armaduras activas

Como módulo de deformación longitudinal del acero de las armaduras constituidas por alambres o barras se adoptará, salvo justificación experimental, el valor  $E_s = 2.000.000 \text{ kp/cm}^2$ .

En los torzales, cordones y cables se pueden adoptar como valores noval y reiterativo los que establezca el fabricante o se determinen experimentalmente.

En el diagrama de proyecto (ver 34.5) debe tomarse el valor del módulo reiterativo. Si no existen valores experimentales anteriores al proyecto puede adoptarse el valor  $E_s = 1.800.000 \text{ kp/cm}^2$ .

Para las mediciones de deformaciones durante el tesado se requiere utilizar el valor del módulo noval determinado experimentalmente.

COMENTARIOS

En los torzales, cordones y cables el módulo de deformación longitudinal noval, o sea, de primera carga, es menor que el módulo reiterativo, después de sucesivas descargas y cargas, con diferencias del orden de  $100.000 \text{ kp/cm}^2$  o mayores.

34.9. Relajación del acero para armaduras activas

La relajación  $\rho$  del acero para una tensión inicial  $\sigma_{e1} = \alpha f_{max}$  estando la fracción  $\alpha$  comprendida entre 0,5 y 0,8 y para un tiempo  $t$  en horas, durante la vida de la obra, puede admitirse dada por la expresión:

$$\log \rho = \log \frac{\Delta \sigma_p}{\sigma_{e1}} = K_1 + K_2 \log t$$

siendo:

$\Delta \sigma_p$ , la pérdida de tensión por relajación al cabo del tiempo  $t$ ;  $K_1, K_2$ , coeficientes que dependen del tipo de acero y de la tensión inicial (figura 34.9).

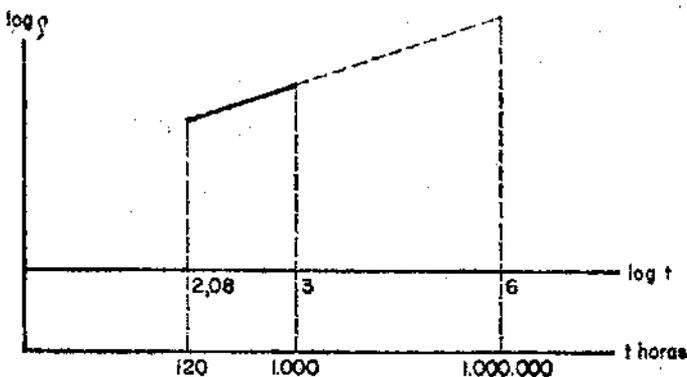


Fig. 34.9

El fabricante de un acero suministrará los valores de la relajación a 120 h y a 1.000 h para tensiones iniciales con fracción de 0,6, 0,7 y 0,8, a temperaturas de  $20 \pm 1^\circ \text{C}$ , y garantizará el valor a 1.000 h para  $\alpha = 0,7$ .

Con estos valores de relajación pueden obtenerse los coeficientes  $K_1$  y  $K_2$  para  $\alpha = 0,6, 0,7$  y  $0,8$ .

COMENTARIOS

Para obtener la relajación con otro valor de  $\alpha$  puede interpolarse linealmente admitiendo para  $\alpha = 0,5, \rho = 0$ .

Como valor final,  $\rho_t$ , se tomará el que resulte para la vida estimada de la obra expresada en horas o 1.000.000 de horas a falta de este dato.

ARTICULO 35. CARACTERISTICAS DEL HORMIGON

35.1. Definiciones

Resistencia de proyecto,  $f_d$ , es el valor que se adopta en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos, asociado en esta Instrucción a un nivel de confianza del 95 por 100. Se denomina también resistencia especificada.

Resistencia característica real,  $f_{car}$ , de la obra es el valor que corresponde al cuantil del 5 por 100 en la distribución de resistencia a compresión del hormigón colocado en obra.

Resistencia característica estimada,  $f_{est}$ , es el valor que estima o cuantifica la resistencia característica real de obra a partir de un número finito de resultados de ensayos normalizados de resistencia a compresión, sobre probetas tomadas en obra. Abreviadamente se puede denominar resistencia característica.

La determinación de la resistencia característica estimada se realizará según 56.3.

COMENTARIOS

Las definiciones dadas se establecen teniendo en cuenta que:

- La resistencia del hormigón colocado en obra es una variable aleatoria con función de distribución, en general, desconocida, pero cuyo cuantil del 5 por 100 es, en cualquier caso, la resistencia característica real.
- La resistencia especificada o de proyecto,  $f_d$ , es un límite inferior de especificación que establece la condición de que cada amasada colocada en obra debería ser igual o superior a  $f_d$ .

También es una especificación para la calidad del conjunto de amasadas al fijar en un 5 por 100 el máximo porcentaje admisible de aquellas, con resistencia inferior a la especificada.

Por lo tanto, aunque el ideal es que todas las amasadas que se colocan en obra tengan una resistencia igual o superior a la de proyecto, en cuyo caso el conjunto de ellas tendría un número nulo de amasadas defectuosas y, por lo tanto, sería de la máxima calidad posible; la economía de la construcción aconseja rebajar la exigencia de la calidad del conjunto, aceptando aquellas en cuya composición se encuentren algunas amasadas (en número inferior al 5 por 100 del total), con resistencia menor que la de proyecto.

Precisamente garantizar, aunque sea sólo a nivel de probabilidad, que a lo sumo el 5 por 100 de las amasadas componentes del total sometido a control tiene resistencia igual o menor que la especificada, será el objeto del control.

- La determinación de la resistencia característica real de la obra se realiza a partir del diagrama de distribución de las resistencias de todas las amasadas colocadas y cualquiera que sea su forma, determinando el cuantil correspondiente al 5 por 100.

Lo anterior implica que la determinación de la resistencia de cada amasada sólo es realizable en casos muy especiales o cuando el número de amasadas es pequeño. Cuando el número de amasadas es igual o menor de 20, el cuantil del 5 por 100 corresponde al valor de la amasada de menor resistencia, siendo, pues este, el valor de la resistencia característica real, con independencia de la función de distribución de la resistencia.

En caso de piezas importantes, en cuya composición entre un número pequeño de amasadas, puede ser un caso típico de determinación directa de la resistencia característica real.

- En el caso de distribuciones gaussianas (y así puede suponerse que se distribuyen las resistencias del hormigón en bastantes casos), el cuantil del 5 por 100 y, por lo tanto, la resistencia característica real viene dado por la expresión:

$$f_{\text{cálcul}} = f_{\text{cm}} (1 - 1,64 \delta)$$

donde:

$f_{\text{cm}}$  = resistencia media;  
 $\delta$  = coeficiente de variación de la población.

— En la mayoría de los casos normales, el número de amasadas colocadas en obra es muy grande, resultando impropiciente y antieconómico calcular la resistencia de cada una de ellas. No es, por lo tanto, posible construir su diagrama de distribución ni calcular sus parámetros directamente. Se recurre entonces a los procedimientos de la estadística matemática, que permitan, mediante la realización de un número pequeño de determinaciones de resistencia de amasadas, estimar o cuantificar a un nivel de probabilidad los parámetros de la función de distribución de la población de todas las amasadas. La estimación así realizada del cuantil del 5 por 100 se denomina en esta Instrucción resistencia característica estimada o simplemente resistencia característica; y se efectúa según se indica en 66.3.

35.2. Tipificación de la resistencia de proyecto

Con objeto de tipificar las resistencias de los hormigones se recomienda utilizar la siguiente serie:

H-250, H-300, H-350, H-400, H-450, H-500

en la cual los números indican la resistencia característica especificada del hormigón a compresión, a los 28 días, expresada en  $\text{kp}/\text{cm}^2$ .

COMENTARIOS

35.3. Resistencia mínima del hormigón

No se utilizarán hormigones para pretensar de resistencia de proyecto inferior a  $250 \text{ kp}/\text{cm}^2$ .

COMENTARIOS

35.4. Diagramas tensión-deformación del hormigón

El diagrama característico tensión-deformación del hormigón depende de numerosas variables: edad del hormigón, duración de la carga, forma y tipo de la sección, naturaleza de la sollicitación, etc.

Dada la dificultad de su determinación en la práctica se utiliza cualquiera de los diagramas de proyecto simplificados a nivel de valores de cálculo (véase 35.6).

COMENTARIOS

Puede considerarse, a título puramente cualitativo, que los diagramas tensión-deformación del hormigón adoptan las formas siguientes (figs. 35.4.a y 35.4.b).

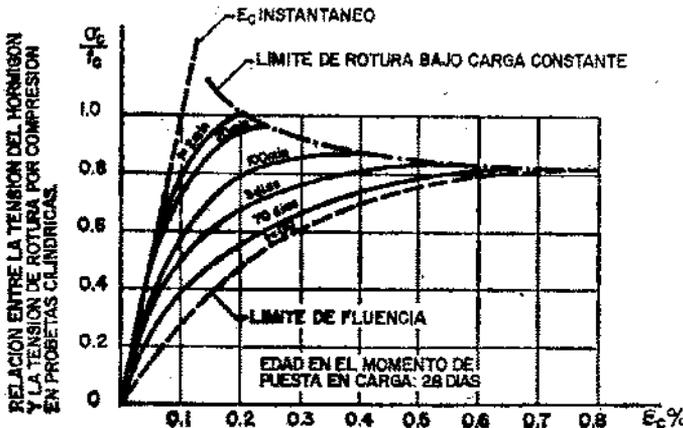


Fig. 35.4.a

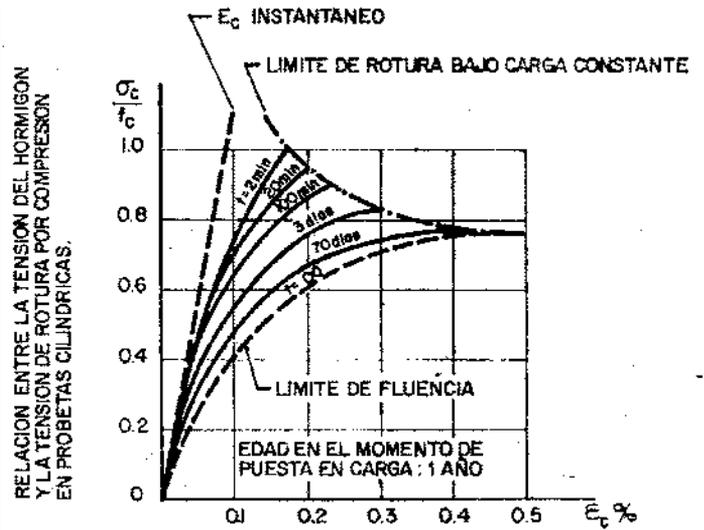


Fig. 35.4.b

35.5. Resistencia de cálculo del hormigón

Se considerará como resistencia de cálculo del hormigón (en compresión,  $f_{\text{cd}}$ , o en tracción,  $f_{\text{ct,d}}$ ) el valor de la resistencia de proyecto correspondiente, dividido por un coeficiente de minoración,  $\gamma_c$ , que adopta los valores indicados en el artículo 41.

Cuando se trate de soportes o elementos análogos hormigonados verticalmente, la resistencia de cálculo deberá reducirse en un 10 por 100 para tener en cuenta la disminución de resistencia que el hormigón de estas piezas experimenta por efecto de su forma de puesta en obra y compactación.

COMENTARIOS

Los valores de cálculo establecidos suponen que la carga total no actúa antes de los 28 días. En caso contrario, esa circunstancia deberá tenerse en cuenta de un modo estimativo, pudiendo utilizarse al efecto los valores dados en el cuadro 11.4.b, salvo determinación experimental.

La reducción del 10 por 100 ha sido comprobada experimentalmente y se debe a la desigual compactación de la masa a todo lo alto del elemento.

35.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón

Para el cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales, en el estado último de agotamiento, se adoptará uno de los diagramas siguientes:

a) *Diagrama parábola-rectángulo*, formado por una parábola de segundo grado y un segmento rectilíneo (fig. 35.6.a). El vértice de la parábola se encuentra en la abscisa 2 por 1.000 (deformación de rotura del hormigón a compresión simple) y el vértice extremo del rectángulo en la abscisa 3,0 por 1.000 (deformación de rotura del hormigón en flexión. Véase 47.3 y su comentario). La ordenada máxima de este diagrama corresponde a una compresión igual a  $0,85 f_{\text{cd}}$ , siendo  $f_{\text{cd}}$  la resistencia de cálculo del hormigón a compresión.

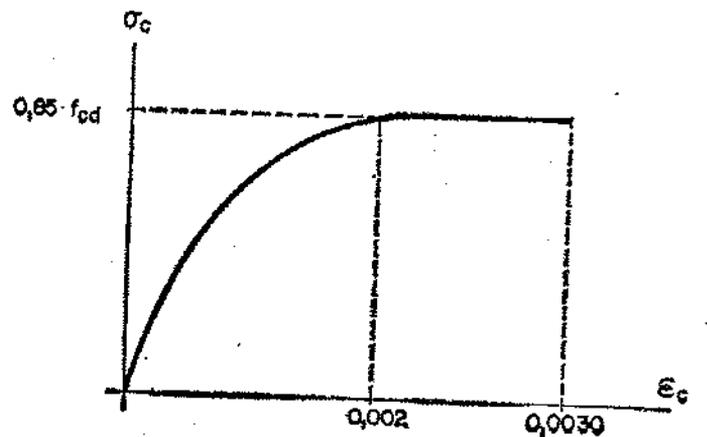


Fig. 35.6.a

b) *Diagrama rectangular*, formado por un rectángulo cuya altura es igual a  $0,80 \cdot x$ , siendo  $x$  la profundidad del eje neutro, y una anchura de  $0,85 f_{cd}$  (fig. 35.6.b).

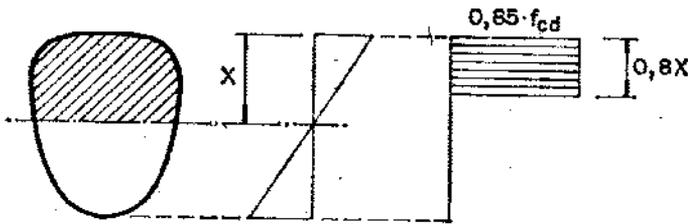


Fig. 35.6.b

c) *Otros diagramas de cálculo*, como parabólicos, birrectilíneos, trapezoidales, etc., siempre que los resultados con ellos obtenidos concuerden, de una manera satisfactoria, con los correspondientes a la parábola-rectángulo o queden del lado de la seguridad.

COMENTARIOS

35.7. Módulo de deformación longitudinal del hormigón

Para cargas instantáneas o rápidamente variables, el módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón (pendiente de la tangente en el origen de la curva  $\sigma$ - $\epsilon$ ) a la edad de  $j$  días puede tomarse igual a:

$$E_{ci} = 21.000 \sqrt{f_{ci}}$$

válido siempre que las tensiones en condiciones de servicio no sobrepasen el valor de  $0,5 f_{ci}$ . En esta expresión,  $f_{ci}$  es la resistencia característica a compresión del hormigón a  $j$  días de edad y debe expresarse en  $kp/cm^2$  para obtener  $E_{ci}$  en  $kp/cm^2$ .

Como módulo instantáneo de deformación longitudinal secante  $E_{cj}$  (pendiente de la secante), en la región de tensiones de servicio anteriormente definida, se adoptará:

$$E_{cj} = 19.000 \sqrt{f_{ci}}$$

Si no se realiza el cálculo indicado en 35.9, cuando se trate de cargas duraderas o permanentes podrá tomarse dos tercios de los valores anteriores en climas húmedos y dos quintos en climas secos.

COMENTARIOS

El módulo de deformación longitudinal secante del hormigón es el cociente entre la tensión aplicada y la deformación elástica correspondiente. Dicho coeficiente es prácticamente constante (especialmente después de un primer ciclo de carga-descarga) siempre que las tensiones no sobrepasen el valor  $0,5 f_{ci}$ .

En rigor,  $E_{cj}$  depende de la resistencia media del hormigón y no de la característica. Pero se ha preferido esta última en la expresión  $E_{cj}$  por homogeneidad con el resto de la Instrucción.

Como puede verse en los diagramas del comentario de 35.4, el valor del módulo de deformación disminuye a medida que aumenta el tiempo de duración de la carga, a causa de la influencia, cada vez más acusada, de los fenómenos de deformación diferida. De ahí los distintos valores que se dan en el articulado, en función de la carga y de la naturaleza, seca o húmeda, del ambiente.

35.8. Retracción del hormigón

En general, para unas condiciones medias y con una cuantía de armadura pasiva pequeña puede admitirse como valor medio de la retracción  $0,40$  mm por metro.

Se puede prescindir de la retracción cuando se trate de estructuras sumergidas en agua o enterradas en suelos no excesivamente secos.

Para una evaluación más afinada del valor de la retracción habrían de tenerse en cuenta las diversas variables que influyen en el fenómeno, en especial: grado de humedad ambiente, espesor o menor dimensión de la pieza, composición del hormigón, cantidad de armadura y tiempo transcurrido desde la ejecución que marca la duración del fenómeno.

COMENTARIOS

Las variables citadas en el articulado pueden tenerse en cuenta del modo que a continuación se indica:

1.º El valor  $\epsilon_t$  de la retracción de un elemento de hormigón en masa desde el momento de su acabado hasta el instante  $t$  viene dado por:

$$\epsilon_t = \beta_1 \cdot \epsilon_c$$

donde:

$\epsilon_c$  = el valor medio dado en la tabla 35.8.1.

$\beta_1$  = coeficiente que refleja la evolución en el tiempo dado en el gráfico de la figura 35.8.1.

2.º Las curvas de la figura 35.8.1 corresponden a distintos espesores ficticios de la pieza  $e$ , que se calculan mediante la expresión:

$$e = \alpha \frac{2A}{u}$$

siendo:

$\alpha$  = coeficiente dado en la tabla 35.8.1;

$A$  = área de la sección transversal del elemento;

$u$  = perímetro de la sección transversal que está en contacto con la atmósfera.

Si una de las dimensiones de la sección es muy grande con respecto a la otra, el espesor ficticio (abstracción hecha del coeficiente  $\alpha$  corrector por ambiente) coincide sensiblemente con el real.

TABLA 35.8.1

Valor medio  $\epsilon_c$  de la retracción y valor del coeficiente  $\alpha$

	Humedad relativa aproximada (porcentaje)	$\epsilon_c$	$\alpha$
En el agua ... ..	100	+ $10 \cdot 10^{-3}$	30
Er atmósfera muy húmeda ... ..	90	- $10 \cdot 10^{-3}$	5
En ambiente medio.	70	- $25 \cdot 10^{-3}$	1,5
En atmósfera seca.	40	- $40 \cdot 10^{-3}$	1,0

3.º En el eje de abscisas del gráfico de la figura 35.8.1 aparece la edad teórica  $t$  del hormigón, en días. Si el hormigón está sometido a temperaturas normales, la edad teórica coincide con la real. Si no es así se tomará como edad teórica  $t$  la dada por la expresión:

$$t = \frac{\sum (T + 10)_j}{30}$$

donde:

$j$  = número de días durante los cuales el endurecimiento se efectúa a una temperatura de  $T$  grados centígrados.

4.º Si la influencia de la retracción va a ser efectiva, no desde el principio, sino a partir de una edad de  $j$  días, el valor que interesa determinar en el instante  $t$  es:

$$\epsilon_t = (\beta_1 - \beta_j) \cdot \epsilon_c$$

con los mismos significados que anteriormente.

5.º Si el hormigón ha sido amasado con gran exceso de agua o con un cemento rápido de gran finura, la retracción puede alcanzar valores mayores de los indicados en este procedimiento, al menos en un 25 por 100, especialmente en las primeras edades.

Por el contrario, en hormigones muy secos, la retracción calculada debe disminuirse en un 25 por 100 para encontrar valores más concordantes con los medidos experimentalmente.

6.º A partir de la deformación  $\epsilon_{ci}$  correspondiente a un hormigón con pequeña cuantía de armadura pasiva, puede calcularse la deformación  $\epsilon_{ca}$  correspondiente a otros casos, mediante la relación:

$$\epsilon_{ca} = \epsilon_{ci} \frac{1}{1 + np}$$

siendo:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \text{coeficiente de equivalencia}$$

$$p = \frac{A_s}{A_c} = \text{cuantía geométrica de armadura pasiva.}$$

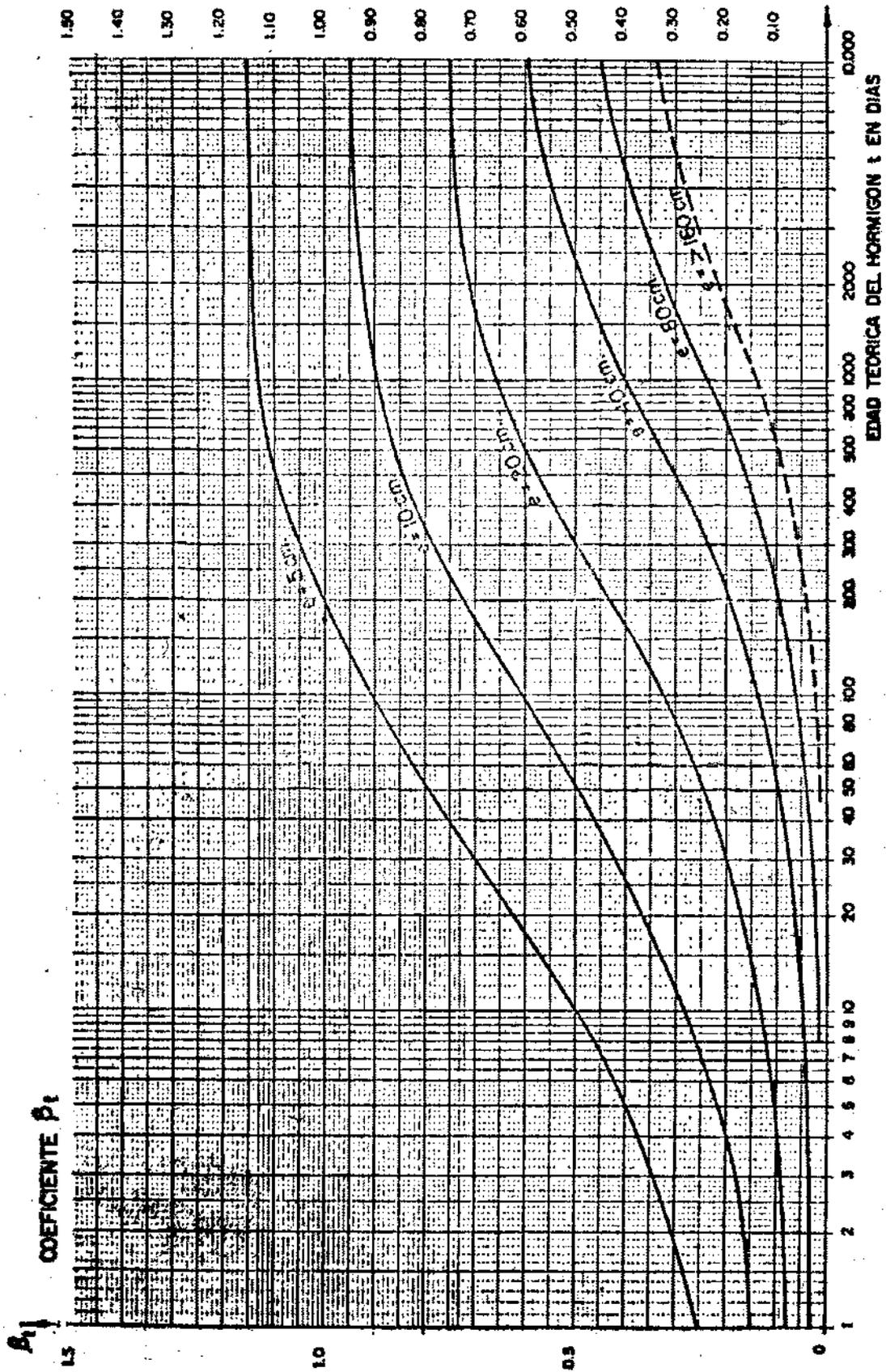


Fig. 35.8.1

(Continuad.)

## MINISTERIO DE COMERCIO

**15202** REAL DECRETO 1558/1977, de 17 de junio, por el que se modifica el régimen arancelario aplicable a los productos originarios de Dinamarca, Irlanda y Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte.

El Acuerdo entre España y la Comunidad Económica Europea de veintinueve de junio de mil novecientos setenta, estableció una serie de disposiciones sobre el régimen arancelario aplicable a los intercambios entre ambas partes.

Habiéndose ampliado con posterioridad la Comunidad Económica Europea a tres nuevos miembros, y a la vista de que a partir del primero de julio próximo se perfeccionará la unión aduanera contemplada en las Actas de Adhesión, lo que supone para estos tres países la obligación de aplicar a España las reducciones arancelarias previstas en el mencionado Acuerdo de mil novecientos setenta, entre España y la Comunidad originaria, resulta aconsejable conceder por nuestra parte, de manera unilateral y autónoma, un tratamiento semejante en el terreno arancelario a Dinamarca, Irlanda y Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, sin que ello prejuzgue los acuerdos que en su momento puedan convenirse entre ambas partes.

En su virtud, y de acuerdo con lo previsto en el artículo octavo de la Ley Arancelaria de uno de mayo de mil nove-

cientos sesenta, y oída la Junta Superior Arancelaria, a propuesta del Ministro de Comercio, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete,

### DISPONGO:

Artículo primero.—A partir de la entrada en vigor del presente Real Decreto se aplicará a los productos originarios de Dinamarca, Irlanda y Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, idéntico tratamiento arancelario que el resultante de la aplicación de las normas establecidas en el Acuerdo convenido entre España y la Comunidad Económica Europea de veintinueve de junio de mil novecientos setenta, ratificado por Instrumento de la Jefatura del Estado de diecinueve de agosto de mil novecientos setenta.

El concepto «productos originarios», a que se hace referencia en el párrafo anterior, se entenderá en la forma definida en el Protocolo anejo al citado Acuerdo.

Artículo segundo.—El presente Real Decreto entrará en vigor el día uno de julio de mil novecientos setenta y siete.

Dado en Madrid a diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de Comercio,  
JOSE LLADO Y FERNANDEZ-URRUTIA

## II. Autoridades y personal

### NOMBRAMIENTOS, SITUACIONES E INCIDENCIAS

#### JEFATURA DEL ESTADO

**15203** REAL DECRETO 1560/1977, de 4 de julio, por el que se dispone el cese del Vicepresidente segundo del Gobierno, don Alfonso Osorio García.

De conformidad con el artículo diecisiete de la Ley Orgánica del Estado y a propuesta del Presidente del Gobierno, vengo en disponer el cese de don Alfonso Osorio García como Vicepresidente segundo del Gobierno, agradeciéndole los servicios prestados.

Dado en Madrid a cuatro de julio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Presidente del Gobierno,  
ADOLFO SUAREZ GONZALEZ

**15204** REAL DECRETO 1561/1977, de 4 de julio, por el que se dispone el cese de determinados Ministros del Gobierno.

De conformidad con el artículo diecisiete de la Ley Orgánica del Estado y a propuesta del Presidente del Gobierno, vengo en disponer el cese de don Alfonso Osorio García, como Ministro de la Presidencia del Gobierno; de don Félix Álvarez-Arenas y Pacheco, como Ministro del Ejército; de don Pascual Pery Junquera, como Ministro de Marina; de don Eduardo Carriles Galarraga, como Ministro de Hacienda; de don Rodolfo Martín Villa, como Ministro de la Gobernación; de don Luis Ortiz González, como Ministro de Obras Públicas; de don Aurelio Menéndez y Menéndez, como Ministro de Educación y Ciencia; de don Alvaro Rengifo Calderón, como Ministro de Trabajo; de don Carlos Pérez de Bricio Olariaga, como Ministro de Industria; de don Fernando Abril Martorell, como Ministro de Agricultura; de don Carlos Franco Iribarnegaray, como Ministro del Aire; de don José Llado Fernández-Urrutia, como Ministro de Comercio; de don Andrés Reguera Guajardo, como Ministro de Información y Turismo; de don Francisco Lozano Vicente, como Ministro de Vivienda; de don Enrique de la Mata Gorostiza, como Ministro de Relaciones Sindicales, y de don Ignacio García López, como Ministro Secretario general del Gobierno.

Dado en Madrid a cuatro de julio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Presidente del Gobierno,  
ADOLFO SUAREZ GONZALEZ

**15205** REAL DECRETO 1562/1977, de 4 de julio, por el que se nombran Vicepresidentes del Gobierno a don Enrique Fuentes Quintana y don Fernando Abril Martorell.

De conformidad con el artículo diecisiete de la Ley Orgánica del Estado y a propuesta del Presidente del Gobierno, vengo en nombrar:

Vicepresidente segundo del Gobierno, a don Enrique Fuentes Quintana, y Vicepresidente tercero del Gobierno, a don Fernando Abril Martorell.

Al Vicepresidente segundo le corresponderá la dirección de la política económica, bajo la directa dependencia del Presidente del Gobierno, y presidirá en su ausencia, y por delegación de éste, la Comisión Delegada de Asuntos Económicos.

Dado en Madrid a cuatro de julio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Presidente del Gobierno,  
ADOLFO SUAREZ GONZALEZ

**15206** REAL DECRETO 1563/1977, de 4 de julio, por el que se nombran Ministros del Gobierno.

De conformidad con el artículo diecisiete de la Ley Orgánica del Estado y a propuesta del Presidente del Gobierno, vengo en nombrar:

Ministro de Defensa, a don Manuel Gutiérrez Mellado; Ministro de Hacienda, a don Francisco Fernández Ordóñez; Ministro del Interior, a don Rodolfo Martín Villa; Ministro de Obras Públicas y Urbanismo, a don Joaquín Garrigues Walker; Ministro de Educación y Ciencia, a don Inigo Caverio Lataillade; Ministro de Trabajo, a don Manuel Jiménez de Parga Cabrera; Ministro de Industria y Energía, a don Alberto Oliart

Hecho en Madrid el 16 de noviembre de 1975, en dos ejemplares, redactados en idiomas español y francés, ambos igualmente auténticos.

Por la Organización Mundial del Turismo,  
M. Robert C. Lonati  
Secretario general de la Organización

Por el Gobierno español,  
Pedro Cortina Mauri  
Ministro de Asuntos Exteriores

El presente convenio entró en vigor el 2 de junio de 1977, fecha del intercambio de los instrumentos acreditativos del cumplimiento de los respectivos requisitos constitucionales, de conformidad con lo establecido en su artículo 28, apartado 2.

Lo que se hace público para conocimiento general.

Madrid, 6 de junio de 1977.—El Secretario general técnico, Fernando Arias-Salgado y Montalvo.

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

### 35.9. Fluencia del hormigón

La deformación total producida en un elemento de hormigón es suma de diversas deformaciones parciales, que pueden clasificarse como sigue:

Deformaciones	Dependientes de la tensión		Independientes de la tensión
	Instantáneas	Diferidas (fluencia)	
Reversibles	Elásticas	Elásticas diferidas	Termohigrométricas
Irreversibles	Remanentes	Plásticas diferidas	Retracción

De un modo simplificado se engloban en el concepto de fluencia todas las deformaciones diferidas, elásticas y plásticas que dependen de la tensión. De un modo simplificado también la deformación por fluencia puede considerarse proporcional a la deformación elástica instantánea calculada esta última a partir de un módulo de deformación longitudinal del hormigón (véase 35.7) igual a:

$$E_c = 19.000 \sqrt{f_{ct}}$$

Para una evaluación aproximada de la fluencia habrían de tenerse en cuenta las diversas variables que influyen en el fenómeno, en especial: grado de humedad ambiente, espesor o menor dimensión de la pieza, composición del hormigón, edad del hormigón en el momento de su entrada en carga y, naturalmente, el tiempo transcurrido desde ese momento, lo que marca la duración del fenómeno.

#### COMENTARIOS

Para unas condiciones medias puede suponerse que la deformación total final (suma de la instantánea y la diferida o de fluencia a tiempo muy grande) es del orden de tres o cuatro veces la deformación elástica instantánea. Si se desea una evaluación más aproximada habrán de tenerse en cuenta las variables citadas en el articulado; lo que puede hacerse del modo que a continuación se indica:

1.º La deformación diferida o de fluencia  $\epsilon_t$ , viene dada por:

$$\epsilon_t = \varphi_t \cdot \frac{\sigma}{E_c}$$

donde:

$\varphi_t$  = coeficiente de evolución de la fluencia;

$\sigma$  = tensión constantemente aplicada;

$E_c$  = módulo de deformación longitudinal del hormigón a 28 días de edad.

Según 35.7, este módulo vale:

$$E_c = 19.000 \sqrt{f_{ct}}; (E_c \text{ en } \text{kp/cm}^2)$$

siendo:

$f_{ct}$  = resistencia de proyecto del hormigón a compresión, expresada en  $\text{kp/cm}^2$ .

2.º El coeficiente  $\varphi_t$  consta de dos sumandos: uno que corresponde a la deformación plástica diferida  $\varphi_p (\beta_t - \beta_j)$  y otro que corresponde a la deformación elástica diferida  $0.4 \beta'$ . Por consiguiente:

$$\varphi_t = \varphi_p (\beta_t - \beta_j) + 0.4 \beta'$$

3.º El coeficiente  $\varphi_p$  toma el valor básico dado en la tabla 35.9.1. Los coeficientes  $\beta_t$  y  $\beta_j$  reflejan la evolución en el tiempo de la deformación plástica diferida y se toman del gráfico de la figura 35.9.1, siendo  $t$  el instante para el cual se evalúa la fluencia y  $j$  la edad del hormigón en el momento de la puesta en carga, ambos expresados en días a partir de la confección del hormigón.

4.º Las curvas de la figura 35.9.1 corresponden a distintos espesores ficticios de la pieza  $e$ , que se calculan mediante la expresión:

$$e = \alpha \frac{2A}{u}$$

siendo:

$\alpha$  = coeficiente dado en la tabla 35.9.1;

$A$  = área de la sección transversal del elemento;

$u$  = perímetro de la sección transversal que está en contacto con la atmósfera. Si una de las dimensiones de la sección es muy grande con respecto a la otra, el espesor ficticio (abstracción hecha del coeficiente corrector por ambiente  $\alpha$ ) coincide sensiblemente con el real.

5.º En el eje de abscisas del gráfico de la figura 35.9.1 aparece la edad teórica del hormigón en días  $t$ . Si el hormigón está sometido a temperaturas normales, la edad teórica coincide con la real. Si no es así se tomará como edad teórica  $t$  la dada por la expresión:

$$t = \frac{\sum (T + 10)_j}{30}$$

donde:

$j$  = número de días durante los cuales el endurecimiento se efectúa a una temperatura de  $T$  grados centígrados.

TABLA 35.9.1

Valor básico  $\varphi_p$  de la fluencia y valor del coeficiente  $\alpha$

Ambiente	Humedad relativa aproximada (porcentaje)	$\varphi_p$	$\alpha$
En el agua ... ..	100	0,8	30
En atmósfera muy húmeda ... ..	90	1,3	5
En ambiente medio ... ..	70	2,0	1,5
En atmósfera seca ... ..	40	3,0	1,0

6.º El coeficiente  $\beta'$  refleja la evolución en el tiempo de la deformación elástica diferida y se toma del gráfico de la figura 35.9.2 en función de la duración  $t-j$  del efecto de fluencia, en días.

7.º Si el hormigón ha sido amasado con gran exceso de agua, la deformación plástica diferida puede alcanzar un valor mayor del indicado, al menos, en un 25 por 100. Por el contrario, en hormigones muy secos tal deformación suele ser inferior a la calculada en un 25 por 100.

La deformación elástica diferida no experimenta alteración por este concepto. La corrección afecta, por consiguiente, sólo al primer sumando de  $\varphi_t$ .

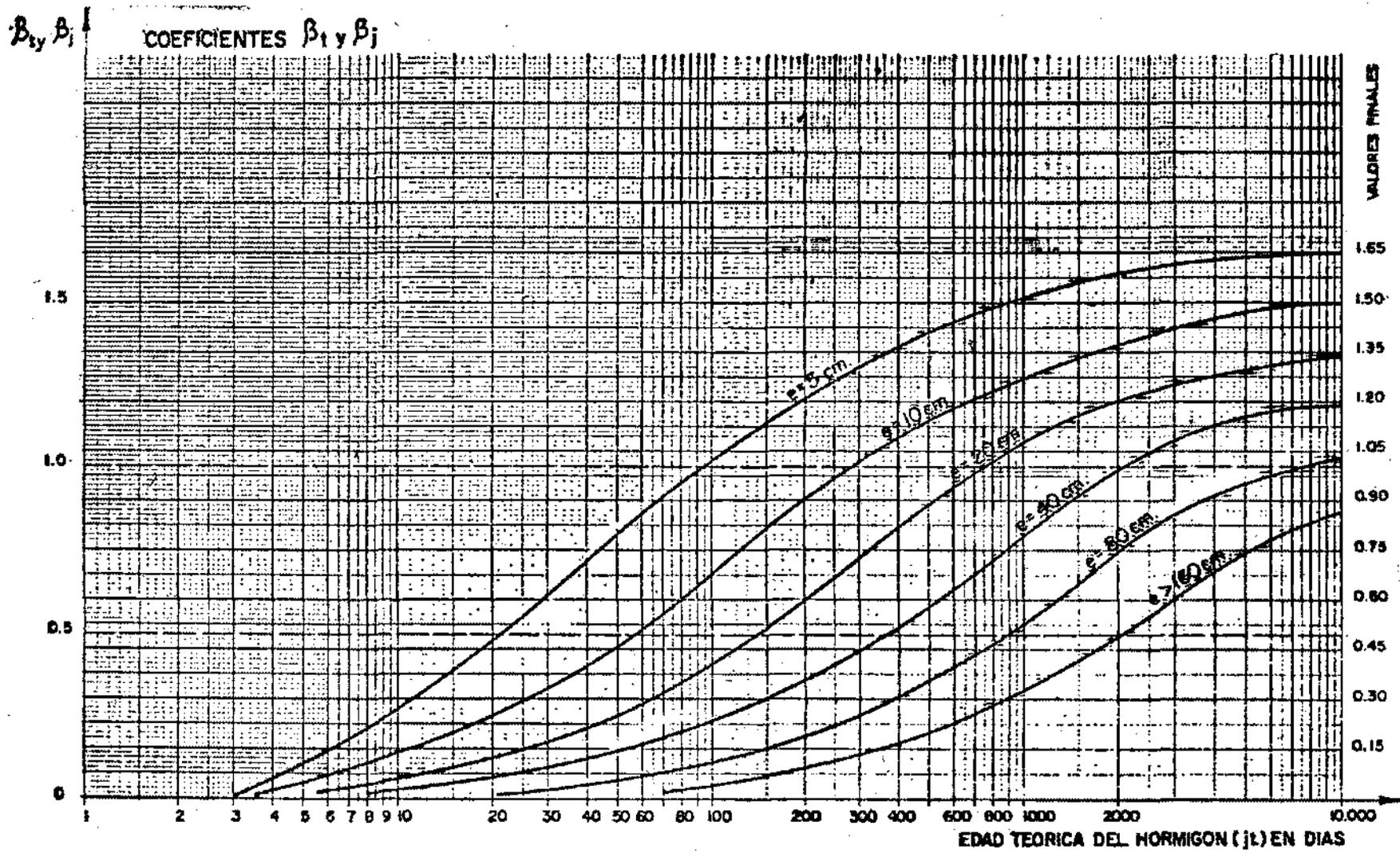


Fig. 35.9.1

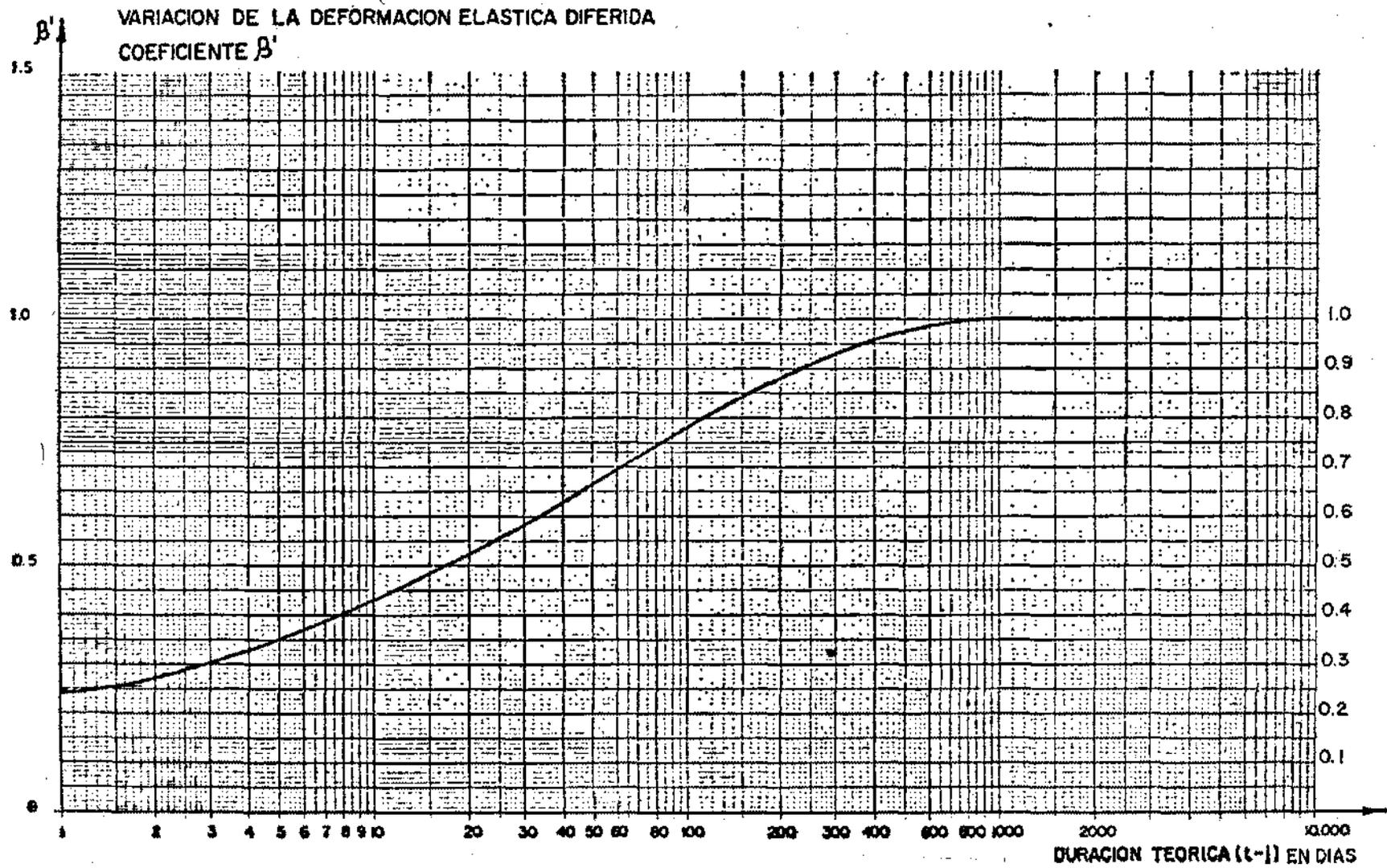


Fig. 35.9.2

## 35.10. Coeficiente de Poisson

Para el coeficiente de Poisson, relativo a las deformaciones elásticas bajo tensiones normales de utilización, se tomará un valor medio igual a 0,30. En ciertos cálculos puede desprejarse el efecto de la dilatación transversal.

## COMENTARIOS

## 35.11. Coeficiente de dilatación térmica

El coeficiente de dilatación térmica del hormigón armado se tomará igual a  $10^{-5}$ .

## COMENTARIOS

Los ensayos han demostrado que este coeficiente puede variar en una proporción relativamente elevada (del orden de  $\pm 30$  por 100). Dicho coeficiente depende de la naturaleza del cemento, de la de los áridos, de la dosificación de la higrometría y de las dimensiones de las secciones.

Por lo que respecta a los áridos, los valores más bajos se obtienen con áridos calizos y los más elevados con áridos silíceos.

## ARTICULO 36. ADHERENCIA DE LAS ARMADURAS ACTIVAS AL HORMIGON

Las longitudes de anclaje y de transmisión por adherencia de las armaduras de pretensado, a excepción de los alambres lisos, las proporcionará y garantizará el fabricante. Se recomienda que, en lo posible, tal garantía venga avalada por el oportuno certificado de homologación expedido por un laboratorio oficial.

Cuando las condiciones de utilización de las armaduras sean distintas a las de homologación o no se haya realizado ésta, las longitudes de anclaje y de transmisión deberán determinarse por medio de ensayos.

## COMENTARIOS

Se entiende por longitud de transmisión de una armadura dada, la necesaria para transferir al hormigón por adherencia la fuerza de pretensado introducida en dicha armadura, y por longitud de anclaje, la necesaria para garantizar la resistencia del anclaje por adherencia, hasta la rotura del acero.

Las longitudes de anclaje y de transmisión por adherencia de las armaduras de pretensado dependen fundamentalmente de tres factores:

- diámetro de la armadura;
- características superficiales de la misma;
- resistencia del hormigón.

Los ensayos para la determinación de las características de adherencia pueden realizarse con arreglo al método indicado en el anejo 3.

Para los alambres lisos, en los que no es presentativa una homologación de características de adherencia, las longitudes de anclaje y de transmisión deberán determinarse por medio de ensayos en cada caso.

## CAPITULO V

## Acciones

## ARTICULO 37. CLASIFICACION DE LAS ACCIONES

A los efectos de esta Instrucción, las distintas acciones capaces de producir estados tensionales en una estructura o elemento estructural se clasifican en tres grupos: acciones directas, acciones indirectas y acciones debidas al pretensado.

Las primeras están producidas por pesos u otras fuerzas aplicadas directamente a la estructura e independientes de las propias características resistentes y de deformación de la misma.

Las acciones indirectas están originadas por fenómenos capaces de engendrar fuerzas de un modo indirecto al imponer deformaciones o imprimir aceleraciones a la estructura, siendo, por tanto, función de las características de deformación de la propia estructura.

Finalmente, las acciones debidas al pretensado son aquellas que las armaduras activas producen sobre la estructura, considerada aislada de tales armaduras activas.

## COMENTARIOS

Para obtener el estado global de fuerzas que actúan sobre la estructura habrá que añadir a las acciones las reacciones correspondientes originadas por las coacciones de apoyo.

## 37.1. Cargas o acciones directas

Las acciones directas están constituidas por las cargas permanentes y las cargas variables.

Cargas permanentes son las que con la estructura en servicio actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud. Se distinguen entre ellas el peso propio del elemento resistente, por un lado, y las cargas muertas que gravitan sobre dicho elemento, por otro.

Las cargas variables están constituidas por todas aquellas fuerzas que son externas a la obra en sí. Se subdividen en:

- Cargas variables de explotación o de uso, que son las propias del servicio que la estructura debe rendir.
- Cargas variables climáticas, que comprenden las acciones del viento y nieve.
- Cargas variables del terreno, debidas al peso del terreno y a sus empujes; y
- Cargas variables, debidas al proceso constructivo.

Desde otro punto de vista, las acciones variables pueden subdividirse a su vez en:

- Acciones variables frecuentes, que son aquellas de actuación común y frecuente, que presentan, por tanto, una gran duración de aplicación a lo largo de la vida de la estructura.
- Acciones variables infrecuentes, que no siendo excepcionales tienen pocas probabilidades de actuación y presentan, por tanto, una pequeña duración de aplicación a lo largo de la vida de la estructura.

## COMENTARIOS

En las cargas variables de explotación deben considerarse incluidos todos los efectos, sean o no ponderales, que tales cargas pueden producir, como, por ejemplo: frenado, fuerza centrífuga, fenómenos vibratorios, etc.

Debe tenerse en cuenta que la clasificación establecida no es cerrada, es decir, que en algunos casos habrá que considerar como cargas variables de explotación acciones que aparecen incluidas en otro grupo de dicha clasificación. Tal será el caso, por ejemplo, de un muro contra viento, en el que esa acción climática adquiere el carácter de una carga variable de explotación.

Por otra parte, en algunos casos habrá que tener también en cuenta ciertas acciones fortuitas o de magnitud excepcional, tales como choques de vehículos, huracanes, tornados, deflagraciones, ondas explosivas, etc. La forma de tratar estas acciones se indica en el artículo 44.

El valor frecuente de una carga variable puede expresarse como una fracción  $\psi$  ( $0 \leq \psi \leq 1$ ) del valor característico de tal carga.

## 37.2. Acciones indirectas

Entre las acciones indirectas cabe distinguir:

- Acciones reológicas, producidas por deformaciones cuya magnitud es función del tiempo y del material de la estructura. Estas acciones pueden provenir de la retracción o de la fluencia.
- Acciones térmicas, producidas por las deformaciones a que dan lugar las variaciones térmicas.
- Acciones por movimientos impuestos, tales como las producidas por descensos diferenciales de los apoyos de la estructura, como consecuencia de asentos del terreno de cimentación, o por movimientos intencionados de tales apoyos.
- Acciones sísmicas, producidas por las aceleraciones transmitidas a las masas de la estructura por los movimientos sísmicos.

## COMENTARIOS

## 37.3. Acciones debidas al pretensado

Las acciones debidas al pretensado están constituidas por el sistema de fuerzas que las armaduras activas transmiten al hormigón que las rodea. Este sistema de fuerzas tiene carácter de permanente y está formado por:

- fuerzas concentradas en los anclajes de los tendones;
- fuerzas normales a los tendones, resultantes de la curvatura y cambios de dirección de los mismos, y
- fuerzas tangenciales debidas al rozamiento y la adherencia.

## COMENTARIOS

Según el cálculo de que se trate convendrá asimilar las acciones debidas al pretensado, a un conjunto de fuerzas exteriores —actuando sobre la estructura, considerada exenta de armaduras activas— o a un conjunto de deformaciones impuestas —actuando sobre la estructura, considerada en su conjunto, incluidas las armaduras activas.

## ARTICULO 38. VALORES CARACTERISTICOS DE LAS ACCIONES

## 38.1. Generalidades

Para todas las acciones definidas en el artículo 37 deberán distinguirse dos tipos de valores: el característico y el ponderado o de cálculo.

El valor característico es el establecido en las normas de cargas y tiene en cuenta no sólo los valores extremos que alcanzan las acciones, sino también la dispersión que tales valores presentan en la realidad.

Los valores característicos de las acciones, tal como se consideran en esta Instrucción, son aquellos que presentan una probabilidad de un 5 por 100 de no ser sobrepasados (por el lado de los valores más desfavorables) en el periodo de vida útil de la construcción.

## COMENTARIOS

El concepto de valor característico aplicado a las acciones es análogo al ya utilizado al definir la resistencia del hormigón (véase 35.1 y su comentario). En él se hace intervenir también la dispersión que, en la práctica, presentan los distintos valores reales de la acción considerada.

En el caso de que las acciones se ajusten a una distribución normal, las expresiones que definen las acciones características son:

$$F_k = F_m (1 + 1.64 \delta) \\ F_d = F_m (1 - 1.64 \delta')$$

en donde:

$F_m$  = valor medio correspondiente a las acciones máximas;  
 $F_m$  = valor medio correspondiente a las acciones mínimas;  
 $\delta$  y  $\delta'$  = desviaciones cuadráticas medias relativas a  $F_m$  y  $F_m$ , respectivamente.

Cuando no se puede considerar una distribución estadística normal o disponer de los datos necesarios deben elegirse las fuerzas o cargas características en función de la utilización prevista para la estructura.

## 38.2. Valores característicos de las cargas permanentes

El cálculo de los valores característicos de las cargas permanentes se efectuará a partir de las dimensiones y pesos específicos que corresponda. Para los elementos de hormigón pretensado se adoptará como peso específico el valor de 2,5 t/m<sup>3</sup>.

## COMENTARIOS

En la determinación de los valores característicos de las cargas permanentes debe tenerse en cuenta la posibilidad de que por errores de ejecución resulten sobreespesores o aumentos en las dimensiones de los elementos de que se trate. Cuando no se conozca con precisión el peso específico de los materiales, o dicho peso específico sea susceptible de variación, se adoptará el valor que convenga a la seguridad, es decir, un valor aproximado al real, por defecto o por exceso, según que la actuación de la carga permanente resulte favorable o desfavorable, respectivamente, para la hipótesis de carga que se comprueba.

## 38.3. Valores característicos de las cargas variables

Los valores establecidos en las distintas normas para las cargas variables de explotación o de uso y para las cargas dinámicas serán considerados, a falta de indicación precisa, como valores característicos, es decir, como valores en los cuales ya se ha incluido la dispersión.

Con respecto a las cargas del terreno se seguirá un criterio análogo, teniendo en cuenta que, cuando su actuación resulte favorable para la hipótesis de carga que se compruebe, no deberán considerarse los empujes del terreno, a menos que exista la completa seguridad de que tales empujes habrán de actuar efectivamente.

## COMENTARIOS

Se recuerda la conveniencia de que en ciertas estructuras se haga figurar en una placa colocada en lugar visible el valor máximo de las cargas variables de explotación o de uso (véase 6.4) para información de los usuarios.

## 38.4. Valores característicos de las acciones indirectas

Para las acciones reológicas se considerarán como valores característicos los correspondientes a las deformaciones por retracción y fluencia establecidas en 35.8 y 35.9.

En aquellos casos especiales en los que sean de prever asientos de las sustentaciones que, a juicio del proyectista, puedan tener una influencia apreciable en el comportamiento de la estructura, se determinarán los valores característicos de las acciones por movimientos impuestos correspondientes, a partir de los corrimientos diferenciales que sean previsibles, de acuerdo con las teorías de la mecánica del suelo.

En el caso de movimientos impuestos a los apoyos intencionadamente, y siempre que sus efectos sean favorables, será necesario estudiar la readaptación de la estructura por fluencia del hormigón y la consiguiente reducción de aquellos efectos favorables.

Los valores característicos de las acciones térmicas se obtendrán a partir del coeficiente de dilatación térmica  $10^{-5}$ , establecido para el hormigón en 35.11, considerando una variación de la temperatura, deducida de acuerdo con lo que a continuación se indica:

- En estructuras a la intemperie, y salvo justificación especial, se considerará una variación térmica característica en más y en menos, no menor de la dada, en grados centígrados, por la expresión:

$$20 - 0.75 \sqrt{e} \leq 0$$

$e$  = espesor del elemento en cm.

- En estructuras abrigadas de la intemperie, estos valores pueden reducirse a la mitad.
- En obras enterradas puede incluirse en el espesor del elemento el correspondiente a la capa de tierra que lo recubre y aísla del exterior.
- En estructuras formadas por elementos de distinto espesor, para simplificar los cálculos, se admite una tolerancia de  $\pm 5^\circ \text{C}$  en los valores resultantes.
- En elementos de pequeño espesor, sometidos a soledamiento por alguna de sus caras, se recomienda estudiar los efectos de las diferencias de temperatura de una parte a otra del elemento, producidas por la radiación solar. Igualmente se estudiará este efecto cuando elementos de poco espesor hayan de estar sometidos a un caldeoamiento artificial por una cara o paramento.

Para las acciones sísmicas, en los casos en que deban considerarse, se adoptarán como valores característicos los que resulten de las prescripciones establecidas por las normas correspondientes.

## COMENTARIOS

El estudio de los efectos de readaptación de la estructura bajo las acciones de movimientos impuestos de un modo intencionado habrá que realizarlo igualmente en aquellos casos en que la estructura pase por sucesivas fases de construcción en las que se modifique el esquema estático de la misma (por ejemplo, elementos isostáticos enlazados posteriormente, constituyendo una estructura hiperestática).

En general, las variaciones climáticas normales dan lugar a deformaciones impuestas que pueden despreciarse en el cálculo de las estructuras corrientes que tengan juntas de dilatación a las distancias usuales.

## 38.5. Valores característicos de las acciones debidas al proceso constructivo

Cuando, debido al proceso de ejecución previsto para la estructura, se apliquen a la misma cargas debidas a equipo, maquinaria, materiales almacenados, etc., se tendrán en cuenta los valores de estas cargas, en las condiciones que se especifican en el artículo 41, sin olvidar que durante la construcción el esquema resistente de parte o de la totalidad de la estructura puede ser distinto del definitivo.

## COMENTARIOS

## ARTICULO 39. VALORES CARACTERISTICOS DE LA FUERZA DE PRETENSADO

## 39.1. Consideraciones generales

En general, las acciones debidas al pretensado en un elemento estructural se deducen de las fuerzas de pretensado de los tendones que constituyen su armadura activa, tracciones variables a lo largo de su trazado y en el transcurso del tiempo.

En cada tendón, por medio del gato o elemento de tesado utilizado, se aplica una fuerza que a la salida del anclaje, del lado del hormigón, toma el valor  $P_0$ , denominada fuerza de tesado, que vendrá limitado por los valores indicados en 39.2.

En cada sección se calculan las pérdidas instantáneas de fuerza  $\Delta P_i$ , según 39.4, y las pérdidas diferidas de fuerza  $\Delta P_{dif}$ , según 39.5. A partir de los valores  $P_0$ ,  $\Delta P_i$  y  $\Delta P_{dif}$  se calcula el valor característico de la fuerza de pretensado  $P$  en cada sección y fase temporal, según 39.3.

#### COMENTARIOS

La fuerza proporcionada por el gato o elemento utilizado para la puesta en tensión del tendón es la única que puede conocerse con precisión en obra si se lleva un control adecuado de las operaciones de tesado. Las pérdidas de fuerza que se localizan tanto en los elementos de tesado como en los anclajes constituyen una característica del sistema de pretensado utilizado.

La fuerza de tesado  $P_0$  es, por consiguiente, la carga proporcionada por el gato deducidas las pérdidas de fuerza propias del sistema, entre las que no se incluyen las de penetración de cuñas, si existen, que son función de la longitud del tendón.

#### 39.2. Limitación de la fuerza

La fuerza de tesado  $P_0$  ha de proporcionar sobre las armaduras activas una tensión  $\sigma_p$ , no mayor, en cualquier punto, que el menor de los dos valores siguientes:

$$\begin{aligned} &0,75 f_{m,ak} \\ &0,90 f_{yk} \end{aligned}$$

De forma temporal, esta tensión podrá aumentarse hasta el menor de los dos valores siguientes:

$$\begin{aligned} &0,85 f_{m,ak} \\ &0,95 f_{yk} \end{aligned}$$

siempre que antes de anclar las armaduras se reduzca la tensión convenientemente para que se cumpla la limitación del párrafo anterior.

#### COMENTARIOS

Las limitaciones indicadas tienen por objeto esencialmente evitar diversos riesgos constructivos que dependen de las precauciones tomadas durante la ejecución y del control que de ésta se realice.

En particular, los riesgos considerados son los siguientes:

- riesgo de rotura inmediata de las armaduras activas;
- riesgo de daños corporales como consecuencia de tales roturas o de incidentes en los gatos de tesado;
- riesgo de rotura diferida (y no detectada) de las armaduras antes de inyectar;
- aumento de los riesgos de corrosión bajo tensión;
- riesgo de desorganización de las zonas próximas al anclaje.

Independientemente de estos riesgos constructivos, la incertidumbre sobre la relajación de las armaduras aumenta con la magnitud de esta relajación, que crece con el valor de la carga de tesado.

Además, el control de la operación de tesado en obra, realizado mediante las medidas de los alargamientos, impone no alejarse demasiado del dominio elástico de las deformaciones.

#### 39.3. Valor característico de la fuerza de pretensado

El valor característico de la fuerza de pretensado en una sección y fase cualesquiera es:

$$P = P_0 - \Delta P_i - \Delta P_{dif}$$

donde:

$\Delta P_i$  = pérdidas instantáneas de fuerza, debidas a rozamientos, penetración de cuñas y acortamiento elástico del hormigón (véase 39.4). Estas pérdidas varían con la situación de la sección considerada.

$\Delta P_{dif}$  = pérdidas diferidas de fuerza, debidas a relajación del acero, y retracción y fluencia del hormigón (véase 39.5). Estas pérdidas varían en cada sección con el tiempo, dependiendo de la fase de construcción o de servicio considerada.

A efectos de cálculo, el valor final de  $P_k$  no podrá considerarse superior al que corresponde a una tensión en las armaduras activas igual a  $0,8 f_{m,ak}$ .

#### COMENTARIOS

Existen tantos valores característicos de la fuerza de pretensado como fases consideradas en el estudio de la estructura. En particular habrá que considerar siempre el valor inicial:

$$P_{ki} = P_0 - \Delta P_i$$

que corresponde a la fase inicial o de aplicación del pretensado, y el valor final:

$$P_{kf} = P_{ki} - \Delta P_{dif, \infty}$$

que corresponden a la fase final de servicio. En fases intermedias de construcción podrá ser necesario considerar pérdidas diferidas a tiempo no infinito, tal como se especifica en 39.5.

#### 39.4. Valoración de las pérdidas instantáneas de fuerza

Las pérdidas instantáneas de fuerza son aquellas que pueden producirse durante la operación de tesado y en el momento del anclaje de las armaduras activas; dependen de las características del elemento estructural en estudio. Su valor en cada sección es:

$$\Delta P_i = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3$$

en donde:

- $\Delta P_1$  = pérdidas de fuerza por rozamiento a lo largo del conducto de pretensado, hasta la sección en estudio;
- $\Delta P_2$  = pérdidas de fuerza, por penetración de cuñas, en la sección en estudio;
- $\Delta P_3$  = pérdidas de fuerza por acortamiento elástico del hormigón, en la sección en estudio.

#### COMENTARIOS

Además de las pérdidas instantáneas, por rozamiento, penetración de cuñas o deformación instantánea del hormigón, deben tenerse en cuenta, en casos especiales, pérdidas originadas por otras causas, tales como:

- deformaciones de los moldes, en el caso de piezas prefabricadas;
- diferencia de temperatura entre las armaduras tesas y la estructura pretensada, como consecuencia del tratamiento del hormigón;
- deformaciones locales e instantáneas del hormigón bajo la acción de los cercos helicoidales utilizados en los tubos de hormigón pretensado;
- deformaciones instantáneas en las juntas de las estructuras prefabricadas construidas por dovelas.

Los valores de estas pérdidas deben determinarse experimentalmente.

#### 39.4.1. Pérdidas de fuerzas por rozamiento

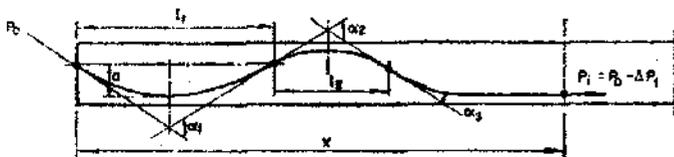
Las pérdidas teóricas de fuerza, por rozamiento entre las armaduras y las vainas o conductos de pretensado, dependen de la variación angular total  $\alpha$ , del trazado del tendón entre la sección considerada y el anclaje activo que condiciona la tensión en tal sección; de la distancia  $x$  entre estas dos secciones; del coeficiente  $\mu$  de rozamiento en curva y del coeficiente  $K$  de rozamiento en recta, o rozamiento parásito. Estas pérdidas se valorarán a partir de la fuerza de tesado  $P_0$ .

Las pérdidas por rozamiento en cada sección pueden evaluarse mediante la expresión:

$$\Delta P_i = P_0 \left[ 1 - e^{-\left(\mu\alpha + Kx\right)} \right]$$

donde:

- $\mu$  = coeficiente de rozamiento en curva;
- $\alpha$  = suma de los valores absolutos de las variaciones angulares (desviaciones sucesivas), medidas en radianes, que describe el tendón en la distancia  $x$ . Debe recordarse que el trazado de los tendones puede ser una curva alabeada, debiendo entonces evaluarse  $\alpha$  en el espacio;
- $K$  = coeficiente de rozamiento parásito, por metro lineal;
- $x$  = distancia, en metros, entre la sección considerada y el anclaje activo que condiciona la tensión en la misma (véase figura 39.4.D).



Si  $a \leq 0,045 l_1$  puede tomarse  $\alpha_1 = \frac{8a}{l_1}$ ; el error es inferior al 5%.

$\alpha = \sum \alpha_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$

$\alpha$  = VARIACION ANGULAR TOTAL

$\alpha_1$  = VARIACION ANGULAR TOTAL EN TRAMO  $l_1$

Fig. 39.4.1

Los datos correspondientes a los valores de  $\mu$  y de  $K$  deben definirse experimentalmente, habida cuenta del procedimiento

de pretensado utilizado. A falta de datos concretos pueden utilizarse los valores experimentales sancionados por la práctica.

COMENTARIOS

Cuando en la expresión  $\Delta P_1$  el valor del exponente de  $a$  es inferior a 0,30, la fórmula indicada puede utilizarse en la forma lineal:

$$\Delta P_1 \approx P_0 (\mu \alpha + Kx)$$

Los valores de  $\mu$  dependen fundamentalmente del estado de las superficies en contacto y su naturaleza: vainas o conductos en el hormigón, acero de pretensado, lubricación eventual, etc. A falta de datos experimentales, cuando todos los elementos (alambres, cordones, etc.) del tendón se tesan simultáneamente, pueden utilizarse los valores de  $\mu$  dados por la tabla 39.4.1.a siguiente:

TABLA 39.4.1.a

Valores del coeficiente de rozamiento  $\mu$  en curva

Disposición de las armaduras en las vainas	Estado superficial de las armaduras	Naturaleza de los aceros constitutivos de las armaduras		
		Alambres, torzales o cordones trellados	Barras laminadas lisas	Barras laminadas corrugadas
1.º Tendón formado por varios elementos agrupados en una misma vaina de acero sin tratamiento superficial	Sin lubricar	0,21	0,25	0,31
	Con lubricación ligera (aceite soluble)	0,18	0,23	0,27
2.º Tendón formado por un único elemento aislado en una vaina sin tratamiento	Sin lubricar	0,18	0,22	0,28
	Con lubricación ligera (aceite soluble)	0,15	0,20	0,24

NOTA: Los valores de esta tabla aumentan hasta en 0,10 si el tendón muestra alguna oxidación en su superficie, incluso aunque esté lubricado.

Si los elementos del tendón se tesan por separado, los valores de  $\mu$  son mayores que los de la tabla 39.4.1.a y hay que determinarlos experimentalmente.

En cuanto al coeficiente de rozamiento parásito  $K$  depende de

la rigidez del conducto y de otros factores. Lo que más influye en la rigidez del conducto es su diámetro, por lo que en primera aproximación pueden emplearse los valores de la tabla 39.4.1.b para determinar el valor de  $K$  a partir del de  $\mu$ .

TABLA 39.4.1.b

Diámetro interior del conducto ( $\varnothing$ en mm)	30	40	50	60	> 60
$K/\mu$	0,016	0,012	0,009	0,007	0,006

Se recuerda que, en el caso de destesar parcialmente la armadura, los coeficientes de rozamiento al reducirse la carga son diferentes y, en general, mayores que los que aparecen en el proceso de tesado creciente. Se podrá tener en cuenta este hecho en los cálculos, deduciendo los nuevos valores de  $\mu$  y de  $K$  a partir de resultados experimentales.

39.4.2. Pérdidas por penetración de cuñas

En alambres correspondientes a armaduras pretesas o en tendones rectos postesos de corta longitud, la pérdida de fuerza por penetración de cuñas,  $\Delta P_2$ , puede deducirse mediante la expresión:

$$\Delta P_2 = \frac{s}{1} E_p \cdot A_p$$

en donde:

- $s$  = penetración de la cuña;
- $l$  = longitud total del alambre o tendón recto;
- $E_p$  = módulo de elasticidad de la armadura activa;
- $A_p$  = sección de la armadura activa.

En los demás casos de tendones rectos y en todos los casos de trazados curvos, la valoración de la pérdida de tensión por penetración de cuñas se hará teniendo en cuenta los rozamientos en los conductos. Para ello podrán considerarse las posibles variaciones de  $\mu$  y de  $K$  al destesar el tendón respecto a los valores que aparecen al tesar.

COMENTARIOS

Las pérdidas por penetración de cuñas, en el caso de armaduras postesas, pueden obtenerse a partir del diagrama de

fuerzas de pretensado a lo largo del tendón, reduciendo la fuerza en el extremo correspondiente al anclaje activa cuya penetración se estudia, hasta un valor tal que el acortamiento del tendón, teniendo en cuenta los rozamientos, sea igual a la penetración de la cuña (véase fig. 39.4.2).

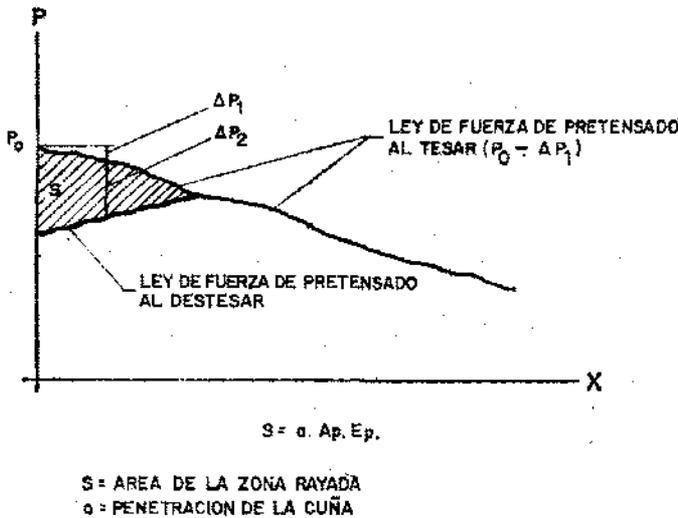


Fig. 39.4.2

39.4.3. Pérdidas por acortamiento elástico del hormigón

En el caso de armaduras pretensas puede valorarse la pérdida por acortamiento elástico del hormigón cuando aquéllas se liberan de sus anclajes, teniendo en cuenta la deformación instantánea que se produce en el hormigón al nivel del centro de gravedad de las armaduras activas, mediante la fórmula:

$$\Delta P_1 = \sigma_{cp} \frac{A_p \cdot E_p}{E_c}$$

En el caso de armaduras postesas constituidas por varios tendones que se van tesoando sucesivamente, al tesar cada tendón se produce un nuevo acortamiento elástico del hormigón que descarga, en la parte proporcional correspondiente a este acortamiento, a los anteriormente anclados.

Cuando las tensiones de compresión al nivel del baricentro de la armadura activa en fase de tesoado sean apreciables, el valor de estas pérdidas, ΔP<sub>1</sub>, se podrá calcular si los tendones se tesan sucesivamente en una sola operación, admitiendo que todos los tendones experimentan un acortamiento medio uniforme, función del número n de los mismos que se tesan sucesivamente mediante la expresión:

$$\Delta P_1 = \sigma_{cp} \frac{n-1}{2n} \frac{A_p E_p}{E_c}$$

en donde:

- A<sub>p</sub> = sección total de la armadura activa;
- σ<sub>cp</sub> = tensión de compresión, a nivel del centro de gravedad de las armaduras activas, producida por la fuerza P<sub>0</sub> — ΔP<sub>1</sub> — ΔP<sub>2</sub>;
- E<sub>p</sub> = módulo de elasticidad de las armaduras activas;
- E<sub>c</sub> = módulo de elasticidad instantánea del hormigón para la edad j correspondiente al momento de la puesta en carga de las armaduras activas.

COMENTARIOS

Cuando los tendones no se tesan sucesivamente en una sola operación, sino poniendo en carga un grupo de ellos inicialmente y otro en fecha posterior, el proyectista valorará convenientemente el valor de E<sub>c</sub> que debe introducirse en la expresión de ΔP<sub>1</sub>.

En cualquier caso, las diferencias de carga en los diferentes tendones debidos a un tesoado sucesivo, en el caso de armaduras postesas, y, por tanto, la pérdida ΔP<sub>1</sub>, puede corregirse en obra mediante retesados o tesoados iniciales a cargas decrecientes de los tendones que se tesan sucesivamente.

39.5. Valoración de las pérdidas diferidas de fuerza

Se denominan pérdidas diferidas de fuerza a las que se producen a lo largo del tiempo, después de ancladas las armaduras activas. Estas pérdidas se deben, esencialmente, al acortamiento del hormigón por retracción y fluencia, y a la relajación del acero de tales armaduras. Su expresión es:

$$\Delta P_{diff} = \Delta P_{rt} + \Delta P_{sr} + \Delta P_{rl}$$

COMENTARIOS

Además de las pérdidas diferidas por retracción, fluencia y relajación, deben tenerse en cuenta, en casos especiales, pérdidas originadas por otras causas tales como:

- deformaciones locales diferidas del hormigón bajo la acción de los cercos helicoidales utilizados en los tubos de hormigón pretensado,
- deformaciones diferidas eventuales de las juntas de las estructuras prefabricadas construidas por dovelas.

Los valores de estas pérdidas deben determinarse a partir de datos experimentales.

39.5.1. Pérdidas finales por retracción y fluencia del hormigón

Siempre que no se realice un estudio más detallado de los efectos conjuntos de la retracción y de la fluencia sobre el valor de la fuerza de pretensado, se admite valorar las pérdidas finales de fuerza, de forma independiente para cada una de estas dos causas.

En estas condiciones la pérdida final (ΔP<sub>rt</sub>) debida a la retracción será igual a:

$$\Delta P_{rt} = \epsilon_{rt} \cdot E_p \cdot A_p$$

y la pérdida final (ΔP<sub>sr</sub>) debida a la fluencia del hormigón, siempre que se trate de tendones adherentes, podrá valorarse, de forma simplificada mediante la expresión aproximada:

$$\Delta P_{sr} = \varphi_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot \frac{E_p}{E_c} A_p$$

en donde:

- ε<sub>rt</sub> = valor final de la retracción del hormigón a partir de la introducción del pretensado (ver 35.8);
- φ<sub>1</sub> = valor final del coeficiente de fluencia (ver 35.9). En su evaluación se tendrá en cuenta la edad j del hormigón a partir de la introducción del pretensado.
- σ<sub>cp</sub> = tensión en el hormigón, a nivel del centro de gravedad de las armaduras activas, producida por el valor característico inicial de la fuerza de pretensado P<sub>0</sub> y la totalidad de las cargas permanentes.
- E<sub>p</sub> = módulo de elasticidad del acero de las armaduras activas;
- E<sub>c</sub> = módulo de deformación longitudinal secante del hormigón a los 28 días de edad;
- A<sub>p</sub> = sección total de las armaduras activas.

COMENTARIOS

Un valor preciso de la pérdida de fuerza por retracción y fluencia resulta de difícil determinación, debido a que la fluencia del hormigón se ve modificada por la propia pérdida, que va reduciendo la tensión de compresión en el mismo, lo que reduce a su vez, en consecuencia, la pérdida correspondiente. Por otra parte la fluencia se desarrolla, durante un cierto periodo de tiempo, sobre la estructura cargada con su peso propio únicamente, con compresiones muy fuertes sobre el hormigón; y en plazos posteriores, las sucesivas cargas permanentes van reduciendo estas compresiones hasta un valor final. La complejidad de este comportamiento ha llevado a la propuesta de una expresión simple, en la que se compensan en cierto modo los diversos factores que intervienen en el fenómeno, y que queda del lado de la seguridad.

Sin embargo, pueden realizarse cálculos más precisos teniendo en cuenta la influencia mutua de la retracción y de la fluencia, así como su evolución en el tiempo, sobre el valor final de la fuerza de pretensado. En este caso será necesario considerar asimismo la evolución en el tiempo de la tensión σ<sub>cp</sub>, y que las cargas permanentes son diferentes según la fase de construcción considerada, conduciendo en general, como se ha indicado en el párrafo anterior, a valores fuertes de σ<sub>cp</sub> a edades tempranas.

Hay que señalar que el valor  $\epsilon_{rt}$  que debe introducirse en el cálculo de la pérdida por retracción, se refiere sólo a la que experimentará el hormigón a partir del momento de aplicación del pretensado.

Como valores medios de la retracción, y a falta de cálculos más precisos, pueden considerarse los siguientes:

- retracción total ..... 0,4 ‰
- retracción que debe considerarse en el cálculo de  $\Delta P_{rt}$  si el tesado de las armaduras se realiza entre los 7 y los 14 días de edad del hormigón. .... 0,3 ‰
- retracción que debe considerarse en el cálculo de  $\Delta P_{rt}$  si el tesado de las armaduras se realiza para edades del hormigón superiores a 14 días. .... 0,25 ‰

Los valores medios de  $\rho_r$  oscilan entre 1,3 y 2,5 dependiendo, principalmente, de la humedad relativa del ambiente y de la edad del hormigón en el momento de la puesta en carga de las armaduras activas.

39.5.2. Pérdidas por relajación del acero.

Para tener en cuenta los efectos reductores de la relajación derivados de la reducción de la tensión en las armaduras activas a causa de la retracción y la fluencia del hormigón, puede considerarse que el valor final ( $\Delta P_{rt}$ ) de la pérdida por relajación se deduce según la siguiente expresión:

$$\Delta P_{rt} = \rho_r [P_{rt} - 2(\Delta P_{rt} + \Delta P_{rt}^2)]$$

siendo:

$\Delta P_{rt}$  = pérdidas finales de fuerza por relajación del acero;  
 $\rho_r$  = valor final de la relajación del acero para  $P_{rt}$ .

COMENTARIOS

Debido a la interdependencia de los efectos de la relajación del acero y de los de la retracción y la fluencia del hormigón, habida cuenta igualmente de la sucesión de los tesados y de las variaciones de la temperatura con respecto a la temperatura normal de servicio, la «relajación eficaz» del acero en las obras es inferior a su «relajación pura».

Es preciso ser prudente en la evaluación de la reducción de la relajación para pasar de su valor puro al eficaz. Es difícil, en efecto, prever el historial termohigrométrico de la estructura, del que depende la fluencia y la retracción del hormigón. La fórmula empírica indicada en el artículo da resultados satisfactorios.

39.5.3. Evolución de las pérdidas diferidas con el tiempo

Cuando sea necesario conocer la evolución de las pérdidas de pretensado a lo largo del tiempo podrá, generalmente, admitirse que el conjunto de tales pérdidas diferidas sigue la misma ley que la indicada para el coeficiente  $\beta'$  en la figura 35.9.2.

COMENTARIOS

En el caso de que las armaduras activas se tesen en varias fases, el criterio indicado en el articulado permite deducir la compensación de la pérdida diferida de tensión respecto a la que se obtendría en el supuesto de que el tesado se realizase simultáneamente para la totalidad de aquellas armaduras. Sin embargo, se recomienda que, salvo justificación especial, la fracción compensada no supere en ningún caso al 20 por 100 de las pérdidas diferidas deducidas en este segundo supuesto.

Se recuerda, por otra parte, que los tesados por etapas sucesivas de un mismo tendón no deben escalonarse en un largo período de tiempo porque retardan la fecha de aplicación de la protección definitiva de las armaduras (véase 31.2 y 33.6).

CAPITULO VI

Bases de cálculo

ARTICULO 40. PROCESO GENERAL DE CALCULO

40.1. Generalidades. Introducción de la seguridad

El proceso general de cálculo que se propone en esta Instrucción corresponde al conocido como método de los estados límites. Dicho cálculo trata de reducir a un valor suficientemente bajo la probabilidad, siempre existente, de que sean alcanzados una serie de estados límites, entendiéndose como

tales, aquellos estados o situaciones de la estructura o de una parte de la misma tales que, de alcanzarse, ponen la estructura fuera de servicio (es decir, que deja de ser capaz de cumplir la función para la que fue construida).

El procedimiento de comprobación, para un cierto estado límite (ver 40.2 y 40.3) consiste en deducir, por una parte, el efecto de las acciones aplicadas a la estructura o a parte de ella, y por otra, la respuesta de tal estructura correspondiente a la situación límite en estudio. Comparando estas dos magnitudes, siempre que las acciones exteriores produzcan un efecto inferior al que ocasionaría la situación límite, podrá afirmarse que está asegurado el comportamiento de la estructura frente a tal estado límite.

Con objeto de limitar convenientemente la probabilidad de que, en la realidad, el efecto de las acciones exteriores sea superior al previsto, o que la respuesta de la estructura resulte inferior a la calculada, el margen de seguridad correspondiente se introduce en los cálculos mediante unos coeficientes de ponderación que multiplican los valores característicos de las acciones y otros coeficientes de minoración que dividen los valores característicos de las propiedades resistentes de los materiales que constituyen la estructura.

En consecuencia, el proceso de cálculo preconizado en la presente Instrucción consiste en:

- 1.º Obtención del efecto  $S_d$  de las acciones exteriores, relativo al estado límite en estudio a partir de los valores ponderados de las acciones características.
- 2.º Obtención de la respuesta  $R_d$  de la estructura correspondiente al estado límite en estudio a partir de valores minorados de las características de los materiales.
- 3.º El criterio de aceptación consiste en la comprobación  $R_d \geq S_d$ .

COMENTARIOS

En la presente Instrucción se dan los criterios para desarrollar los cálculos correspondientes a los diferentes estados límites definidos en 40.2 y 40.3 para las estructuras de hormigón pretensado. Aunque el criterio general de comprobación indicado en el articulado consiste en la verificación de la condición  $R_d \geq S_d$ , no siempre es posible, en el estado actual de la técnica, o no siempre resulta práctico la deducción directa de  $R_d$  y  $S_d$ . Para tales casos se dan en los apartados correspondientes criterios de cálculo que permiten dimensionar los diferentes elementos de la estructura en relación con el estado límite en estudio, de forma que la desigualdad  $R_d \geq S_d$  quede cumplida automáticamente en cualquier caso. Tal ocurre, por ejemplo, con el estado límite de anclaje, para el que en lugar de calcular la carga de deslizamiento  $R_d$  de un determinado anclaje de una armadura y compararla con la carga  $S_d$  que las acciones exteriores van a ejercer sobre tal anclaje, se dan en el articulado correspondiente expresiones que permiten dimensionar tales anclajes de forma que sean capaces de resistir, sin deslizamientos perjudiciales, la carga correspondiente a la resistencia total de las armaduras que han de anclar, teniendo en cuenta los coeficientes prescritos de ponderación de cargas y de resistencias.

40.2. Estados límites últimos

La denominación de estados límites últimos engloba todos aquellos correspondientes a una puesta fuera de servicio de la estructura por colapso o rotura de la misma o de una parte de ella.

Dentro de este grupo se incluyen:

- Estado límite de equilibrio, definido por la pérdida de estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido. (Se estudia a nivel de estructura o elemento estructural completo.)
- Estados límites de agotamiento o de rotura, definidos por el agotamiento resistente o la deformación plástica excesiva de una o varias secciones de los elementos de la estructura. Cabe considerar el agotamiento por sollicitaciones normales y por sollicitaciones tangentes. (Se estudian a nivel de sección de elemento estructural.)
- Estado límite de inestabilidad o de pandeo de una parte o del conjunto de la estructura. (Se estudia a nivel de elemento estructural.)
- Estado límite de adherencia, caracterizado por la rotura de la adherencia entre las armaduras de acero y el hormigón que las rodea. (Se estudia a nivel de sección.)

- Estado límite de anclaje, caracterizado por el cedimiento de un anclaje. (Se estudia de forma local en las zonas de anclaje.)
- Estado límite de fatiga, caracterizado por la rotura de uno o varios materiales de la estructura por efecto de la fatiga bajo la acción de cargas repetidas. (Se estudia a nivel de sección.)

COMENTARIOS

Los daños que se ocasionarían si se alcanzase uno de los estados límites últimos indicados en el presente artículo son siempre muy graves, sobre todo teniendo en cuenta la posibilidad de pérdida de vidas humanas que ello entraña. En consecuencia, los coeficientes de ponderación de cargas y de minoración de resistencias que se prescriben más adelante son elevados con objeto de reducir a un valor mínimo la probabilidad de que en la realidad sea alcanzado uno de tales estados límites.

40.3. Estados límites de utilización

Se incluyen bajo la denominación de estados límites de utilización todas aquellas situaciones de la estructura para las que la misma queda fuera de servicio por razones funcionales de durabilidad o estética.

Los estados límites de utilización por razón de durabilidad de la estructura están relacionados con su comportamiento frente a fisuración y son:

- Estado límite de descompresión, caracterizado por la reducción a valor nulo de las compresiones en las fibras extremas de una sección.
- Estado límite de aparición de fisuras, caracterizado por el hecho de alcanzarse la deformación de rotura por tracción del hormigón en una de las fibras extremas de una sección.
- Estado límite de fisuración controlada, caracterizado por el hecho de que la abertura máxima de las fisuras en una pieza alcance un determinado valor límite, función de las condiciones ambientales en que tal pieza se encuentre.

Estos tres estados se estudian a nivel de sección de la pieza, y definen fronteras entre las diferentes clases de comportamiento de la estructura en relación con la fisuración.

Relacionados con las condiciones funcionales que ha de cumplir la estructura se encuentran los siguientes:

- Estados límites de deformación, caracterizados por alcanzarse un determinado movimiento (flechas, giros) en un elemento de la estructura. (Se estudian a nivel de estructura o elemento estructural.)
- Estados límites de vibraciones, caracterizado por la producción en la estructura de vibraciones de una determinada amplitud o frecuencia. (Se estudian a nivel de estructura o elementos estructural.)

Por razones estéticas los estados límites de utilización pueden identificarse con los de aparición y abertura de fisuras o con el de deformación dejándose a juicio del proyectista la definición que en cada caso se haga de cada uno de ellos.

En relación con la protección requerida frente a los efectos de la fisuración se distinguen tres clases de comportamiento de la estructura en relación con la fisuración en fase de servicio. Estas clases son:

- Clase I.—Corresponde al caso en que se desea reducir a un mínimo la probabilidad de aparición de fisuras. Se ha de comprobar que bajo la combinación más desfavorable de acciones no se alcanza el estado límite de descompresión.
- Clase II.—Corresponde al caso en que sea aceptable una probabilidad reducida de aparición de fisuras. Se ha de comprobar que bajo la más desfavorable combinación de acciones no se alcanza el estado límite de formación de fisuras y que bajo la actuación de las cargas permanentes y de las cargas variables frecuentes (véase 37.1) se respeta el estado límite de descompresión.
- Clase III.—Corresponde al caso en que es admisible la aparición de fisuras en la estructura. Se ha de comprobar que bajo la más desfavorable combinación de las acciones, no se alcanza el estado límite de fisuración controlada; y que bajo la actuación de las cargas permanentes se respeta el estado límite de descompresión.

COMENTARIOS

Los efectos de la fisuración frente a los cuales es necesario tomar precauciones especiales pueden ser de dos tipos diferentes: los que afectan al funcionalismo de la estructura, y los que afectan a su durabilidad. En el primer caso pueden incluirse, por ejemplo, las condiciones de estanquidad, y en el segundo, la posible corrosión de las armaduras, fenómenos de fatiga, etc.

La consideración de estados límites por razones estéticas queda subordinada a la voluntad del proyectista.

La elección de la clase con la que se va a proyectar una estructura o un elemento estructural depende:

- de la vida útil prevista para la estructura, de las condiciones en que ésta haya de trabajar y de las exigencias económicas;
- de la forma (estática o dinámica) y de la duración (corta o larga) de aplicación de las acciones;
- del grado de agresividad del medio ambiente, y
- de la sensibilidad a la corrosión y de la protección de las armaduras; en general las armaduras activas exigen condiciones más restrictivas respecto a la corrosión que las pasivas.

(Continuará.)

MINISTERIO DE HACIENDA

15341 CIRCULAR número 783, de la Dirección General de Aduanas, sobre asignación de claves estadísticas.

En la reunión del 24 de mayo de la Junta Superior Arancelaria, se aprobaron diversas modificaciones del Arancel, algunas de las cuales, las que afectan a la estructura arancelaria, requieren la asignación de los códigos numéricos correspondientes, y ello con la anticipación adecuada, a fin de que cuando aparezcan en el Boletín Oficial del Estado los Decretos del Ministerio de Comercio, dándoles vigencia, pueda esa Administración hacerlos operativos.

En consecuencia, esta Dirección General, en uso de sus atribuciones, acuerda lo siguiente:

Primero.—Asignar los siguientes códigos numéricos, definidores de otras tantas posiciones estadísticas, consecuencia de las modificaciones antes citadas, que a continuación se especifican:

Partida arancelaria	Posición estadística	Texto
84.33 A-3	84.33.03	Máquinas para el recortado en cartón de cajas, con o sin dispositivo auxiliar de impresión (Slotters).
NOTA.—Se suprime la posición estadística 84.33.04.		
90.09 B-1	90.09.11	Lectores de microfilmes: no automáticos para la lectura de micro-reproducciones en fichas, placa o película hasta 16 milímetros.
	90.09.19	.....: Los demás, incluidos los lectores-copiadores.
92.12 A-2 unidad (UF)	92.12.02	.....: Cintas magnéticas de materia plástica sobre soportes distintos de las bobinas, núcleos, carretes y similares.
92.12 A-3	92.12.09	.....: Los demás.

Lo que comunico a V. S. para su conocimiento y el de los servicios de esa provincia.

Dios guarde a V. S.

Madrid, 8 de junio de 1977.—El Director general, por delegación, Antonio M. Arranz Esteban.

Sr. Administrador de la Aduana de .....

	PAGINA		PAGINA
provisión en propiedad de trece plazas de Practicantes ó A. T. S. de esta Corporación.	15261	Resolución del Ayuntamiento de Orense por la que se hace pública la lista provisional de admitidos al concurso-oposición para la provisión de dos plazas de Albañiles.	15263
Resolución de la Diputación Provincial de Tarragona por la que se hace pública la composición del Tribunal de la oposición convocada para cubrir en propiedad cuatro plazas de Bibliotecarias.	15261	Resolución del Ayuntamiento de Punta Umbria referente a la oposición para cubrir en propiedad una plaza de Ingeniero Técnico Topógrafo.	15263
Resolución de la Diputación Provincial de Toledo referente a la oposición para cubrir en propiedad una plaza de Asistente Social.	15261	Resolución del Ayuntamiento de Sabero referente a la provisión por oposición libre de una plaza en propiedad de Auxiliar de Administración General-Depositarío de Fondos.	15263
Resolución del Ayuntamiento de Alcalá de Chivert por la que se hace pública la lista provisional de admitidos a la oposición para proveer en propiedad dos plazas vacantes de Guardias Municipales.	15262	Resolución del Ayuntamiento de San Juan Despí por la que se hace pública la lista de admitidos y excluidos a la oposición para proveer dos plazas de Técnicos de Administración General.	15263
Resolución del Ayuntamiento de Algeciras referente a la oposición para la provisión en propiedad de la plaza de Arquitecto Superior.	15262	Resolución del Ayuntamiento de San Justo Desvern referente a la oposición para la provisión en propiedad de cinco plazas de Auxiliares Administrativos.	15263
Resolución del Ayuntamiento de Bilbao referente al concurso convocado para la provisión de la plaza de Vicesecretario de esta Corporación.	15262	Resolución del Ayuntamiento de Santander referente al concurso-oposición libre para cubrir en propiedad dos plazas de Delineantes, adscritos a la Sección de Arquitectura.	15263
Resolución del Ayuntamiento de Cádiz por la que se publica la lista de aspirantes admitidos al concurso para cubrir en propiedad la plaza de Viceinterventor.	15262	Resolución del Ayuntamiento de Santander referente al concurso-oposición libre para cubrir en propiedad una plaza de Delineante, adscrito a la Sección de Viabilidad.	15263
Resolución del Ayuntamiento de Coslada referente al concurso-oposición para cubrir en propiedad una plaza de Arquitecto Técnico o Aparejador.	15262	Resolución del Ayuntamiento de Santander por la que se fija fecha para el comienzo de las pruebas del concurso-oposición libre convocado para cubrir en propiedad una plaza de Ayudante de Ingeniero de Caminos.	15264
Resolución del Ayuntamiento de Getafe por la que se hace pública la lista de admitidos al concurso-oposición para proveer en propiedad la plaza de Ingeniero Técnico de Obras Públicas.	15262	Resolución del Tribunal calificador de la oposición convocada para proveer cinco plazas de Maestras y siete de Maestros de Internados Municipales por la que se hacen públicos los nombres de los aspirantes propuestos.	15264
Resolución del Ayuntamiento de La Rinconada referente a la convocatoria para la provisión en propiedad, mediante concurso con examen de aptitud, de tres plazas de Guardias municipales, vacantes en la plantilla de funcionarios.	15262		
Resolución del Ayuntamiento de Mérida referente a las oposiciones para proveer las plazas que se citan.	15262		

## I. Disposiciones generales

### PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**15424** *CORRECCION de errores del Real Decreto 1552/1977, de 20 de mayo, por el que se regula la legislación en materia de retribuciones del personal integrado en los Cuerpos de la Guardia Civil y Policía Armada.*

Advertidos errores en el texto del citado Real Decreto, inserto en el «Boletín Oficial del Estado» número 158, de fecha 4 de julio de 1977, se transcriben a continuación las oportunas rectificaciones:

En la página 14935, el sumario, donde dice: «Real Decreto 1552/1977, de 20 de mayo, por el que se reforma la legislación que regula la del personal integrado en los Cuerpos de la Guardia Civil y Policía Armada», debe decir: «Real Decreto 1552/1977, de 20 de mayo, por el que se regula la legislación en materia de retribuciones del personal integrado en los Cuerpos de la Guardia Civil y Policía Armada».

En la página 14935, primera columna, artículo tercero.—Dos, donde dice: «...de los grupos del apartado anterior...», debe decir: «...de los grupos del apartado anterior...».

En la página 14935, segunda columna, donde dice: «Artículo quinto», debe decir: «Artículo quinto».

En la página 14936, segunda columna, disposición final octava, uno, donde dice: «...antes de uno de julio de mil...», debe decir: «...antes de uno de octubre de mil...».

En la página 14936, segunda columna, disposición final octava.—Uno, donde dice: «...y cuya entrada en vigor tendrá...», debe decir: «...y cuya entrada en vigor tendrá...».

Disposición transitoria segunda.—Dos, donde dice: «...se fraccionarán en cuatro ejercicios presupuestarios...», debe decir: «...se fraccionarán en cuatro ejercicios presupuestarios».

**14406** *INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)*

Desde el punto de vista de la duración de aplicación de las acciones debe distinguirse entre:

- las acciones variables infrecuentes, capaces de provocar una abertura eventual de fisuras sólo durante un corto período de tiempo y que, por consiguiente, no entrañan un sensible riesgo de corrosión en el caso de que se produzca tal fisuración, y
- las acciones permanentes y las variables frecuentes, que mantienen abiertas las eventuales fisuras durante un largo período de tiempo, durante el cual puede iniciarse el proceso de corrosión.

También conviene distinguir entre las acciones para las cuales se prevé un pequeño número de repeticiones y las que se supone habrán de repetirse un gran número de veces, ya que en este último caso los posibles fenómenos de fatiga podrán condicionar la clase de comprobación elegida.

Con respecto al medio ambiente en que se encuentran situados los elementos estructurales éstos pueden considerarse como:

- protegidos (elementos interiores pertenecientes a estructuras situadas en una atmósfera normal);
- no protegidos (elementos exteriores de estructuras expuestas a la intemperie o elementos interiores de estructuras en atmósfera húmeda o medianamente agresiva, bien ventilada), y

— muy expuestos, como consecuencia del medio particularmente agresivo en que se encuentran o de la propia naturaleza del elemento estructural considerado.

En la misma estructura el estado límite que debe considerarse puede no ser el mismo:

- para los diferentes elementos que la constituyen,
- para todas las fases constructivas,
- para las diversas condiciones de explotación, teniendo en cuenta el grado de probabilidad de que se presenten las diferentes combinaciones de acciones previstas.

La clase I se reserva, en general, a estructuras que requieren condiciones especiales, tales como:

- estructuras particularmente expuestas a la corrosión,
- estructuras sometidas a tracción (cuando se desee obtener un alto grado de estanquidad contando sólo con el hormigón),
- estructuras sometidas a ciclos de tensiones o deformaciones, repetidos un gran número de veces y que pueden ocasionar un deterioro progresivo del material (fatiga).

La Clase II aparece como la más indicada para el proyecto de la mayoría de las estructuras. Cuando se utilice esta clase, el proyectista deberá sopesar juiciosamente los valores adoptados en los cálculos para las cargas variables frecuentes.

En cuanto a la Clase III, su definición asegura que, bajo la acción de las cargas de aplicación permanente no existirán fisuras abiertas. Esta forma de definir la Clase III, relacionándola con el estado límite de descompresión, parece más apropiada que la establecida por otras Instrucciones en las que se impone la comprobación de que, bajo la actuación de las cargas permanentes y las variables frecuentes, se respete el estado límite de aparición de fisuras. En efecto, esta última condición no asegura que las fisuras, una vez abiertas bajo la actuación de ciertas cargas variables, queden habitualmente cerradas, dado que su reapertura se produce para cargas inferiores a las que provocaron su primera aparición.

Los valores de las deformaciones o vibraciones que caracterizaran los correspondientes estados límites son función de la utilización de la propia estructura. En ciertos casos, estos valores vienen definidos en las normas relativas al proyecto de determinadas estructuras (tales como edificios, puentes, etc.) y en otros vendrán determinados por las condiciones de utilización de la misma (como en el caso de las estructuras industriales).

Dado que en el caso de alcanzarse uno de los estados límites de servicio reseñados, los daños que se producen no son, en general, de gran cuantía, o son fácilmente reparables, los coeficientes de mayoración y de minoración aplicables a estas comprobaciones son más próximos a la unidad que los utilizados en el estudio de los estados límites últimos.

40.4. Fases de comprobación

Una estructura pasa a lo largo del tiempo, por diversas «fases» caracterizadas por el tipo y valor de las cargas que ha de soportar en cada una de ellas, así como eventualmente, por el esquema estático con que la estructura trabaja, que puede ser diferente de una fase a otra. Las fases se refieren, por tanto, a un determinado periodo de la vida de la estructura, incluido el de construcción.

En particular será necesario realizar las comprobaciones indicadas en los artículos 45 a 56, en las condiciones prescritas para cada fase en los mismos, considerando, como mínimo, las siguientes:

1. Fases de construcción:

- a) Fase o fases de aplicación de la fuerza de pretensado (estructura con pretensado inicial).
- b) Otras fases de construcción.

2. Fases de servicio, en cada una de las cuales las comprobaciones se realizarán:

- a) Con acciones «máximas».
- b) Con acciones «mínimas».

Se entiende por acciones «máximas», aquellas cuya aplicación produce un incremento del alargamiento en las armaduras activas. Por el contrario, se entiende por acciones «mínimas», aquellas que producen un decremento de tal alargamiento.

COMENTARIOS

El establecimiento de las fases a considerar en el cálculo de una estructura o elemento estructural, constituye el primer paso en la comprobación de la misma. Para ello, el proyectista ha de definir el proceso cronológico de construcción de tal estructura, diferenciando claramente las fases de introducción de las fuerzas de pretensado parciales, de modificación de su esquema resistente o de aplicación de nuevas cargas a la misma. Asimismo, en situación de servicio de la estructura, puede resultar necesario analizar nuevas fases, si su puesta en servicio se realiza antes de que ciertas acciones permanentes dependientes del tiempo hayan alcanzado su valor final. Tal puede ocurrir, por ejemplo, si un asiento intencionado de un apoyo, una modificación del esquema estructural, o la introducción parcial de un pretensado, se realizan poco tiempo antes de tal puesta en servicio.

ARTICULO 41. COEFICIENTE DE SEGURIDAD

En los métodos de cálculo desarrollados en esta Instrucción, y de acuerdo con lo expuesto en el artículo 40, la seguridad se introduce a través de cuatro coeficientes: dos de minoración de las resistencias del hormigón y del acero; uno de ponderación de la fuerza de pretensado y otro de ponderación de las restantes acciones.

Los valores de estos coeficientes se tomará de acuerdo con lo indicado a continuación:

a) Estados límites últimos

Los valores medios de los coeficientes de seguridad para el estudio de los estados límites últimos, en los casos ordinarios, son los siguientes:

- Coeficiente de minoración para el acero ...  $\gamma_s = 1,15$
- Coeficiente de minoración para el hormigón.  $\gamma_c = 1,50$
- Coeficiente de ponderación para las acciones desfavorables ...  $\gamma_f = 1,60$
- Coeficiente de ponderación de la fuerza de pretensado ...  $\gamma_p = 1,00$

Los valores de los coeficientes de minoración para el acero y para el hormigón y de ponderación para las acciones según el nivel de control de calidad adoptado y daños previsibles se establecen en los cuadros 41.1 y 41.2 y se resumen en el cuadro 41.3.

Los valores de los coeficientes de seguridad  $\gamma_s$ ,  $\gamma_c$  y  $\gamma_f$  adoptados y los niveles supuestos de control de calidad de los materiales y de la ejecución, deben figurar explícitamente en los planos.

CUADRO 41.1

Estados límites últimos

Coefficientes de minoración de los materiales

Coefficiente	Nivel de control	Corrección
$\gamma_s = 1,15$	Acero controlado a nivel normal (armaduras activas y pasivas)	0
	Acero controlado a nivel intenso (armaduras activas y pasivas)	- 0,05
$\gamma_c = 1,50$	Hormigón para elementos prefabricados en instalación industrial permanente con control a nivel intenso	- 0,10
	Todos los restantes casos	0

Se tendrá en cuenta que en el caso de soportes o de piezas en general que se hormigonan en vertical, la resistencia característica de partida debe minorarse en un 10 por 100.

CUADRO 41.2  
Estados límites últimos  
Coeficientes de ponderación de las acciones

Coeficiente		Corrección	
$\gamma_f = 1.6$	Nivel de control de la ejecución	Control de ejecución a nivel normal (véase 73.2)	0
		Control de ejecución a nivel intenso (véase 73.3)	- 0.10
	Daños previsibles en caso de accidente	Minimos y exclusivamente materiales	- 0.10
		Medios	0
		Muy importantes	+ 0.20

NOTA: Si se trata de acciones favorables de carácter permanente será siempre  $\gamma_f = 0.90$ .  
Si se trata de acciones favorables de carácter variable será  $\gamma_f = 0$ .  
Se podrá reducir el valor final de  $\gamma_f$  en un 5 por 100 cuando los estudios, cálculo e hipótesis sean rigurosos, considerando todas las soluciones y todas sus combinaciones posibles, y estudiando con el mayor detalle los anclajes, nudos, enlaces y apoyos.  
Deberán comprobarse con especial cuidado y rigor las condiciones de fisuración cuando el producto  $\gamma_s \cdot \gamma_f$  resulte inferior a 1.35.

b) Estados límites de utilización

Para el estudio de los estados límites de utilización se adoptarán los siguientes coeficientes de seguridad:

- Coeficiente de minoración del hormigón ...  $\gamma_p = 1$
- Coeficiente de minoración del acero ...  $\gamma_s = 1$
- Coeficiente de ponderación del pretensado:
- Si el efecto del pretensado en la combinación de acciones es favorable ...  $\gamma_p = 0.90$
- Si el efecto del pretensado en la combinación de acciones es desfavorable ...  $\gamma_p = 1.10$
- Coeficiente de ponderación de las acciones:
- Si se trata de acciones de carácter variable con efecto favorable cuando puedan actuar o dejar de hacerlo ...  $\gamma_f = 0$
- En los demás casos ...  $\gamma_f = 1$

COMENTARIOS

a) Estados límites últimos

Los valores de los incrementos de los coeficientes de seguridad, han sido fijados con el criterio de que al reducirse los niveles de control de los materiales y la ejecución, se incrementan correlativamente los de los coeficientes  $\gamma_p$ ,  $\gamma_s$  y  $\gamma_f$  de forma que la seguridad final se mantenga aproximadamente constante.

En las obras de hormigón pretensado se prescribe el control de resistencia del hormigón mediante probetas y no se admite el nivel reducido de control de la ejecución que contempla la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de obras de Hormigón en masa o armado.

La aplicación de los criterios establecidos en el articulado para los estados límites últimos se resumen en el cuadro 41.3.

En rigor, el coeficiente  $\gamma_p$  debería tomar valores diferentes de la unidad. Sin embargo se ha fijado  $\gamma_p = 1$  por simplicidad de cálculo y teniendo en cuenta lo siguiente:

- En flexión, el hecho de que la fuerza de pretensado sea inferior al valor medio considerado en el cálculo sólo representa una ligera reducción en la deformación inicial del acero, cuya influencia en la resistencia a flexión es prácticamente nula.
- En cuanto a la resistencia a cortante, el lógico coeficiente de minoración de la fuerza de pretensado habría

que aplicarlo al valor que la misma alcanzase en el momento de fisurarse el hormigón, que es superior al valor medio obtenido en el cálculo. Tomar  $\gamma_p = 1$  representa, en definitiva, una compensación de estos dos efectos.

La necesidad de que figuren en los planos los valores de los coeficientes de seguridad y los niveles de control decididos por el proyectista es evidente. Lo contrario conduciría a que una estructura, proyectada para un cierto nivel de seguridad fijado por el proyectista, tendría en la práctica diferentes niveles de seguridad según los diferentes niveles de control que pudieran adoptarse durante la construcción.

Cuando la importancia de la obra lo justifique, podrán corregirse los valores consignados de los coeficientes de seguridad, previos los estudios oportunos, de acuerdo con el criterio de que la probabilidad de hundimiento resultante para la obra proporcione un coste generalizado mínimo de la misma entendiéndose por coste generalizado el que se obtiene sumando:

- el coste inicial de la obra;
- el coste de su mantenimiento y conservación durante su vida de servicio;
- el producto de la probabilidad de hundimiento por la suma del coste de reconstrucción más la cuantía de los daños y perjuicios que pudiera causar aquél.

b) Estados límites de utilización

Para los estados límites de utilización, el comportamiento de la estructura no está influido, en general, por las variaciones locales de las propiedades del hormigón o del acero, sino más bien por sus características medias. En consecuencia, es suficiente en la práctica adoptar  $\gamma_s = \gamma_p = 1$ . Por otra parte, el coeficiente  $\gamma_f$  se toma igual a la unidad, ya que el comportamiento de la estructura, en este caso, se estudia para las cargas de servicio de la misma. Sin embargo, si el proyectista juzga oportuno alcanzar un nivel de seguridad mayor frente a algún estado límite de utilización —por ejemplo, frente a la posibilidad de deformación excesiva de un elemento estructural bajo la acción de una determinada carga— se pueden incrementar los valores de los coeficientes  $\gamma$ .

Los valores adoptados para  $\gamma_s$  toman en consideración el hecho de que pueden presentarse en la fuerza real del pretensado discrepancias con respecto al valor medio correspondiente a  $\gamma_p = 1$ , con la consiguiente repercusión en el comportamiento en servicio del elemento.

## CUADRO 41.3

Coeficientes de seguridad para los estados límites últimos

Coeficiente de seguridad sobre	Nivel de control	Valor del coeficiente de seguridad			
		Daños previsibles (3)		Acción favorable de carácter	
Acero (armaduras activas y pasivas) $\gamma_s$	Normal	1,15			
	Intenso	1,10			
Hormigón (1) $\gamma_c$	Elementos prefabricados: intenso	1,40			
	Todos los restantes casos	1,50			
Pretensado $\gamma_p$	Para cualquier nivel	1,00			
Otras acciones (2) $\gamma_f$	Normal	A	Acción desfavorable	Permanente	Variable
		B	1,50	0,80	0
		C	1,60		
	A	1,80			
	Intenso	A	1,40	0,80	0
		B	1,50		
C		1,70			

(1) En soportes y otras piezas de hormigonado vertical, la resistencia característica debe, además, minorarse en el 10 por 100.

(2) Se podrá reducir el valor de  $\gamma_f$  en un 5 por 100 cuando las hipótesis y el cálculo sean muy rigurosos, se consideren todas las combinaciones posibles y se estudien con el mayor detalle los anclajes, nudos y apoyos.

(3) Daños previsibles:

- A. Obras cuyo fallo puede ocasionar daños mínimos y exclusivamente materiales, tales como sitios, aceras, obras provisionales, etc.
- B. Obras cuyo fallo puede ocasionar daños de tipo medio, como puentes, edificios de vivienda, etc.
- C. Obras cuyo fallo puede ocasionar daños muy importantes, como teatros, tribunas, grandes edificios comerciales, etc.

#### ARTICULO 42. ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES DE CALCULO E HIPOTESIS DE CARGA MAS DESFAVORABLE

Cuando la reglamentación específica de las estructuras no indique otra cosa se aplicarán las hipótesis de carga enunciadas en este artículo.

Para encontrar la hipótesis de carga más desfavorable correspondiente a cada caso se procederá de la siguiente forma:

De las acciones clasificadas en el artículo 37 se eliminarán aquellas que no deban considerarse por no actuar o ser despreciables en el caso que se estudia.

A las acciones restantes se les adjudicarán, como valores de cálculo los ponderados, del modo que se indica a continuación:

##### 1.º Estados límites últimos

(Para el de equilibrio, ver prescripciones adicionales en el artículo 45.)

##### a) Acciones directas

a.1) Cargas permanentes (coeficientes de ponderación  $\gamma_{it}$ ). Si su efecto es desfavorable se tomará el valor mayorado con  $\gamma_{it} = \gamma_f$  aplicado simultáneamente a todas las acciones del mismo origen que actúen sobre la estructura. Si su efecto es favorable, se tomará el valor ponderado con  $\gamma_{it} = 0,9$ , aplicado simultáneamente a todas las acciones del mismo origen que actúen sobre la estructura.

No obstante lo anterior, si las cargas permanentes del mismo origen son preponderantes y sus efectos se compensan notablemente entre sí, se diferenciará entre la parte favorable y la desfavorable empleando:

para la favorable

$$\gamma_{it} = 0,8$$

$$\gamma_{it} = \frac{\gamma_f}{1,3} < 1,05 \text{ en fase de construcción}$$

y para la desfavorable

$$\gamma_{12} = \frac{\gamma_1}{1,3} < 1,15 \text{ en fase de servicio}$$

a.2) Cargas variables (coeficiente de ponderación  $\gamma_{12}$ ). Si su efecto es desfavorable, se tomará el valor mayorado con  $\gamma_{12} = \gamma_1$ . Si su efecto es favorable se tomará

$$\gamma_{12} = 0.$$

b) Acciones indirectas

Las que tengan carácter de permanencia como son a veces las reológicas y los movimientos impuestos, se tratarán como las cargas permanentes. Las que no tengan este carácter se tratarán como las cargas variables.

c) Fuerzas de pretensado (coeficiente de ponderación  $\gamma_p$ ).

Para todos los casos  $\gamma_p = 1$ .

2.º Estados límites de utilización

Para cualquier tipo de acción el valor característico  $\gamma_i = 1$ .  $\gamma_p = 0,90$  si el efecto del pretensado en la combinación de acciones es favorable.

$\gamma_p = 1,10$  si el efecto del pretensado en la combinación de acciones es desfavorable.

3.º Hipótesis de carga

a) Acciones exteriores

Para cada fase de comprobación y para cada estado límite de que se trata (ver 40.4) se considerarán las tres hipótesis de carga que a continuación se indican y se elegirá la que, en cada caso, resulte más desfavorable. En cada hipótesis deberán tenerse en cuenta solamente aquellas acciones cuya actuación simultánea sea compatible.

Hipótesis I  $\gamma_{12} \cdot G + \gamma_{12} \cdot Q$   
 Hipótesis II  $0,9 (\gamma_{12} \cdot G + \gamma_{12} \cdot Q) + 0,9 \cdot \gamma_{12} \cdot W$   
 Hipótesis III  $0,8 (\gamma_{12} \cdot G + \gamma_{12} \cdot Q_{eq}) + F_{eq} + W_{eq}$

donde:

- G = valor característico de las cargas permanentes más las acciones indirectas con carácter de permanencia;
- Q = valor característico de las cargas variables de explotación de nieve, del terreno, más las acciones indirectas con carácter variable, excepto las sísmicas;
- $Q_{eq}$  = valor característico de las cargas variables de explotación de nieve, del terreno más las acciones indirectas con carácter variable durante la acción sísmica (véase 4.5 de la Norma Sismorresistente, P.D.S.1 parte A);
- W = valor característico de la carga del viento;
- $W_{eq}$  = valor característico de la carga del viento durante la acción sísmica. En general se tomará  $W_{eq} = 0$ . En situación topográfica muy expuesta al viento se adoptará  $W_{eq} = 0,25 W$ ;
- $F_{eq}$  = valor característico de la acción sísmica, calculado según la Norma Sismorresistente.

Cuando existan diversas acciones Q de distintos orígenes y de actuación conjunta compatible, siendo pequeña la probabilidad de que algunas de ellas actúen simultáneamente con sus valores característicos, se adoptará en las expresiones anteriores el valor característico de Q para la carga variable cuyo efecto sea predominante y para aquellas cuya simultaneidad presente una probabilidad no pequeña; y 0,8 del característico para las restantes.

Cuando las cargas variables de uso sean capaces de originar efectos dinámicos, deberán multiplicarse por un coeficiente de impacto.

Cuando de acuerdo con el proceso constructivo previsto, puedan presentarse acciones de importancia durante la construcción, se efectuará la comprobación oportuna para la hipótesis de carga más desfavorable que resulte de combinar tales acciones con las que sean compatibles con ellas. En dicha comprobación podrá reducirse, en la proporción que el proyectista estime oportuno, el valor de los coeficientes de ponderación indicados en el artículo 41 para los estados límites últimos, recomendándose no bajar de  $\gamma_i = 1,25$ .

En las piezas prefabricadas pretensadas para el dimensionamiento de sus uniones de continuidad se adoptará como coeficiente de mayoración de las acciones un valor no inferior a 1,80.

La Hipótesis III sólo se utilizará en las comprobaciones relativas a los estados límites últimos.

b) Acciones debidas al pretensado

Para cada fase de comprobación (véase 40.4) se considerarán las acciones debidas al pretensado en las condiciones definidas en los párrafos 1.º c) y 2.º del presente artículo.

COMENTARIOS

Una vez clasificadas las acciones con arreglo a lo indicado en el artículo 37 las tres hipótesis de carga prescritas en el articulado pueden expresarse del siguiente modo:

Hipótesis I  $\gamma_1 G_1 + 0,9 G_2 + \gamma_2 Q$   
 Hipótesis II  $0,9 (\gamma_1 G_1 + 0,9 G_2 + \gamma_2 Q) + 0,9 \gamma_1 W$   
 Hipótesis III  $0,8 (\gamma_1 G_1 + 0,9 G_2 + \gamma_2 Q_{eq}) + F_{eq} + W_{eq}$

En las expresiones anteriores  $G_1$  representa los conjuntos de cargas permanentes del mismo origen que actúan sobre la estructura, cuyo efecto resultante en la sección o elemento que se estudia es desfavorable;  $G_2$  representa los conjuntos de cargas permanentes del mismo origen cuyo efecto resultante es favorable. Por otra parte, en Q hay que incluir exclusivamente las cargas variables cuyo efecto es desfavorable según se indica en el párrafo del articulado a.2).

En cuanto a los efectos del proceso constructivo, además de las acciones directas que el mismo pueda representar, será necesario estudiar, según se indica en 38.4 los efectos que la fluencia ejerce sobre las construcciones sometidas a vínculos retardados, es decir, introducidos después de la aplicación de una parte de las acciones.

ARTICULO 43. COMPROBACIONES QUE DEBEN REALIZARSE

Los cálculos realizados con arreglo a los métodos y prescripciones establecidos en la presente Instrucción deberán garantizar que tanto la estructura en su conjunto como cada uno de sus elementos cumplen las condiciones siguientes:

- a) Bajo la correspondiente hipótesis de carga más desfavorable, no se sobrepasan los estados límites últimos. La hipótesis de carga se establece a partir de las acciones de cálculo, según los criterios prescritos en el artículo 42. La respuesta de la estructura correspondiente al estado límite en estudio se obtendrá a partir de valores minorados de las propiedades resistentes de los materiales, según las prescripciones de los artículos 45 a 49.
- b) Bajo la correspondiente hipótesis de carga más desfavorable no se sobrepasan los estados límites de utilización. Las hipótesis de carga se establecen a partir de las acciones de cálculo, según los criterios expuestos en el artículo 42. La respuesta de la estructura, correspondiente al estado límite en estudio, se obtendrá de acuerdo con las prescripciones de los artículos 50 a 56.

COMENTARIOS

Debe advertirse que la hipótesis de carga más desfavorable que corresponde a cada estado límite en estudio será, en general, distinta para cada uno de ellos.

ARTICULO 44. CONSIDERACIONES SOBRE LAS ACCIONES DE CARACTER EXTRAORDINARIO

Las acciones fortuitas no normalizadas, tales como choques de vehículos, huracanes, deflagraciones, ondas explosivas, etc., y las de carácter normal pero cuyos valores, difícilmente previsibles, superan fuertemente a los normalizados, no se tendrán en cuenta en los cálculos. Si, por excepción, se estima necesario considerar alguna de ellas, bastará realizar el estudio de los estados límites últimos, adoptando para los coeficientes de mayoración de acciones y de minoración de resistencias, valores próximos a la unidad.

COMENTARIOS

Queda a juicio del proyectista, en el caso de que se considere en el proyecto una acción de carácter extraordinario, la comprobación del estado de la estructura en servicio tras la supuesta actuación de la citada acción extraordinaria.

CAPITULO VII

Cálculo relativo al estado límite de equilibrio

ARTICULO 45. COMPROBACIONES RELATIVAS AL ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO

Habrà que comprobar que bajo la hipótesis de carga más desfavorable, no se sobrepasan los límites de equilibrio (vuelco, deslizamiento, etc.).

Para ello habrá que tener en cuenta que todas las acciones permanentes cuyo efecto sea favorable (estabilizantes), habrán de tomarse con su valor ponderado, con  $\gamma_f = 0,9$ , aplicable a todas aquellas acciones que tengan el mismo origen.

Con la hipótesis de carga más desfavorable de las tres indicadas en el artículo 42, para cada caso, se estudiará el equilibrio del conjunto de la estructura y de cada uno de sus elementos, aplicando los métodos de la Mecánica Racional, teniendo en cuenta las condiciones reales de las sustentaciones y, en particular, las derivadas del comportamiento del terreno, deducidas de acuerdo con los métodos de la mecánica del Suelo.

En el caso de que una carga permanente del mismo origen pueda ser desfavorable en una zona de la estructura y favorable en otra, el equilibrio se estudiará de acuerdo con los siguientes principios:

- si tal situación se da para la estructura en servicio, el cálculo se desarrollará aplicando coeficientes de ponderación diferentes a la parte de la carga permanente estabilizante ( $\gamma_f = 0,9$ ) y a la parte volcadora. Para esta segunda, el proyectista decidirá el valor del coeficiente de ponderación a aplicar, que en ningún caso podrá bajar de 1,15.
- si tal situación se presenta en una fase de construcción exclusivamente, el proceso de cálculo se ceñirá a los mismos principios indicados en el párrafo anterior, quedando asimismo a juicio del proyectista el valor del coeficiente de ponderación a aplicar a la parte de las cargas permanentes que sean desfavorables, que en ningún caso podrá bajar de 1,05.

COMENTARIOS

Como ejemplo aclaratorio de una estructura en la que una carga permanente del mismo origen puede ser estabilizante en una zona y volcadora en otra, se comenta el caso de una cubierta cuyo esquema estructural se indica en la figura 45.1 en la que se supone como posible la actuación de unas cargas variables sobre la misma.

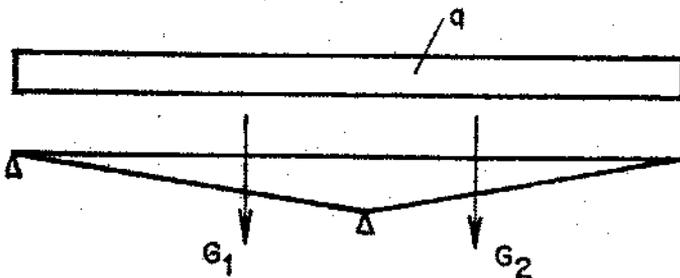


Fig. 45.1

Las cargas permanentes características  $G_1$  y  $G_2$  tienen el mismo origen (peso propio de un mismo material) y la carga variable  $q$  puede extenderse en cualquier longitud. Las hipótesis de carga para el cálculo del equilibrio serían:

- Si el esquema estático corresponde a la situación de servicio que se indica en la figura 45.2, donde  $\gamma$  queda a juicio del proyectista con el valor mínimo indicado.

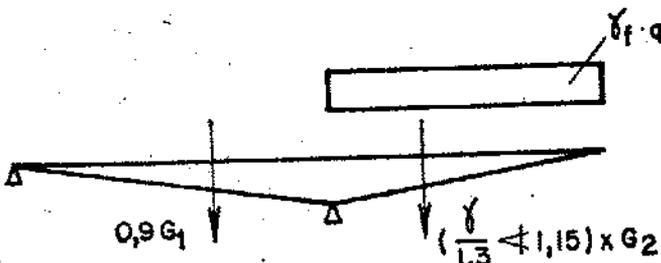


Fig. 45.2

— Si el esquema estático corresponde exclusivamente a una situación de construcción que se indica en la figura 45.3, donde  $\gamma_1$  y  $\gamma_2$  quedan a juicio del proyectista, con los valores mínimos indicados.

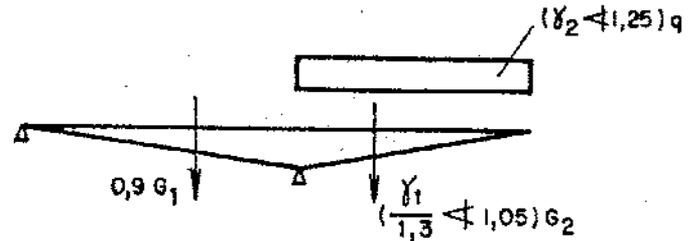


Fig. 45.3

CAPITULO VIII

Cálculos relativos a los estados límites de agotamiento

ARTICULO 46. OBTENCION DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES

En relación con los estados límites de agotamiento, los efectos originados por las acciones están constituidos por los esfuerzos que actúan en una sección de un elemento de la estructura tales como: momento flector, esfuerzo axial, esfuerzo cortante, momento torsor, etc. Al conjunto de tales esfuerzos se denomina sollicitación. El cálculo de las sollicitaciones se efectuará según se indica en los apartados que siguen, partiendo de acciones ponderadas según los criterios expuestos en los artículos 41 y 42.

46.1. Acciones directas

Como norma general, la determinación de las sollicitaciones se podrá efectuar con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados con las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad, obteniendo las rigideces de los elementos estructurales a partir de las secciones brutas tal como se definen en 51.2.2. No obstante, si ha lugar, se tendrá en cuenta, para el cálculo de las sollicitaciones, el comportamiento no lineal de las estructuras, ya sea causado por la fisuración de las mismas o por la entrada en régimen no elástico de sus materiales constitutivos. Para poder realizar estos cálculos será necesario, en general, conocer las relaciones momentos-curvaturas o momentos-rotaciones, así como los valores límites de estas últimas, para elementos estructurales análogos a los de la estructura en estudio.

En particular, para el cálculo de placas se admitirá la aplicación de la teoría de las líneas de rotura, siempre que pueda aceptarse, como hipótesis de cálculo, que una vez elegida la disposición más desfavorable de las cargas, estas aumentan proporcionalmente hasta alcanzar el agotamiento. Por otra parte, se tendrá en cuenta que la teoría de las líneas de rotura es válida en la medida en que se satisfacen las dos condiciones siguientes:

- a) rigidez perfecta de apoyos;
- b) rotura de la pieza por agotamiento de la armadura de tracción.

COMENTARIOS

Se recuerda que el cálculo de las placas con arreglo a la teoría de la Elasticidad exige el conocimiento previo de sus condiciones reales de funcionamiento, especialmente en lo relativo a:

- forma geométrica de la placa;
- naturaleza de las cargas;
- rigidez de los apoyos, y
- acción de las vigas de borde, si las hay.

La aplicación del método elástico adoptando para los puntos anteriores unas condiciones que sean distintas de las reales, puede conducir en muchos casos a resultados erróneos.

La validez de la teoría de las líneas de rotura está comprobada cuando las placas se arman con aceros de dureza natural que presentan un escalón de cedencia. Aunque con otros tipos de aceros no se poseen suficientes datos experimentales, los reunidos hasta la fecha parecen indicar que los resultados del cálculo se colocan del lado de la seguridad.

Conviene señalar que si se utiliza esta teoría de las líneas de rotura, debe prestarse especial atención a las sollicitaciones de esfuerzo cortante y punzonamiento, puesto que dicha teoría no las tiene en cuenta en sus hipótesis de partida.

Asimismo debe recordarse que siendo éste un cálculo en agotamiento, es preciso efectuar, además, en todos los casos, las oportunas comprobaciones relativas a fisuración y deformaciones en estado de servicio.

#### 46.2. Acciones indirectas

Las sollicitaciones originadas por las deformaciones impuestas, podrán calcularse en régimen elástico o, si ha lugar, teniendo en cuenta la respuesta no lineal de los materiales de la estructura, en particular del hormigón.

#### COMENTARIOS

Cuando se tiene en cuenta el comportamiento no lineal de la estructura para el cálculo de los efectos originados por las deformaciones impuestas, los fenómenos de fluencia, plasticidad o fisuración del hormigón, se consideran normalmente como formando parte de la respuesta de la estructura frente al sistema de tensiones originado por aquéllas. Procediendo de este modo se comprende que los efectos de las deformaciones impuestas no son importantes más que en la fase elástica, cuando los materiales presentan una pequeña deformabilidad. Por el contrario, estos efectos son más débiles en presencia de grandes deformaciones anelásticas, tales como las originadas por fisuración generalizada y la deformación plástica que preceden a los estados límites últimos. Por tanto, la importancia de las sollicitaciones debidas a deformaciones impuestas, en relación con los estados límites de agotamiento, es, en general, pequeña.

#### 46.3. Acciones debidas al pretensado

En relación con los estados límites de agotamiento por flexión no es necesario calcular las sollicitaciones producidas por el pretensado en las estructuras isostáticas, bastando con tener en cuenta las predeformaciones aplicadas a las armaduras activas y al hormigón, según los criterios expuestos en 47.2. Para las estructuras hiperestáticas, por el contrario, será necesario tener en cuenta los esfuerzos hiperestáticos introducidos por el pretensado, calculados a partir del sistema de cargas equivalente del máximo (véase 37.3). Sin embargo, y siempre que el esfuerzo hiperestático introducido por el pretensado sea favorable, además de considerarlo con su valor ponderado (véase 39.3 y artículo 41), el proyectista analizará cuidadosamente la posible reducción de tal esfuerzo hiperestático, al alcanzarse el estado límite último en estudio por efecto de la pérdida de proporcionalidad entre la tensión y la deformación de la armadura activa, en las proximidades de aquel estado. Para el estudio de los estados límites de agotamiento por sollicitaciones tangentes, en particular por esfuerzos cortantes, los métodos de comprobación propuestos requieren, en cualquier caso, conocer los efectos de las fuerzas de pretensado sobre las secciones de hormigón (véase artículo 43).

#### COMENTARIOS

Se llama la atención en el articulado sobre el hecho de que los esfuerzos hiperestáticos de pretensado, pueden modificarse sensiblemente durante un proceso de carga que aumenta proporcionalmente hasta producir el agotamiento de la estructura. En efecto, aquellos esfuerzos hiperestáticos de pretensado se deducen a partir de las acciones indicadas en el artículo 39, según una distribución inicial de fuerzas de pretensado a lo largo del trazado de la armadura. Cuando por aumentar las acciones exteriores se llega a situaciones próximas al estado límite de agotamiento de la estructura, las armaduras activas pueden quedar sometidas a deformaciones muy por encima de su campo elástico, no produciéndose incrementos proporcionales de la fuerza de pretensado, y modificándose, en consecuencia, los hiperestáticos correspondientes.

#### 46.4. Acciones debidas al proceso constructivo

Cuando la construcción de la obra dé lugar a fases sucesivas de descimbramiento, de tesado o de puesta en carga, puede ser necesario comprobar las condiciones de la estructura frente al agotamiento, en un cierto número de estas fases. La determinación de las sollicitaciones correspondientes se realizará, en

cada caso, según el método apropiado, de acuerdo con lo expuesto anteriormente, a partir de las acciones que actúan en cada fase.

#### COMENTARIOS

Se recuerda que cuando se modifica durante la construcción el esquema estático de la estructura, mediante la introducción de vínculos retardados, la fluencia del hormigón puede modificar, a lo largo del tiempo, de forma sensible, la distribución de esfuerzos en aquélla.

#### 46.5. Datos generales para el cálculo de sollicitaciones

Salvo justificación especial, se considerará como luz de cálculo de las piezas, la menor de las dos longitudes siguientes:

- la distancia entre ejes de apoyo.
- la luz libre, más el canto.

Para el cálculo de sollicitaciones en estructuras hiperestáticas, formadas por piezas prismáticas o asimilables a ellas, podrá tomarse, para los momentos de inercia de las mismas, los de las secciones brutas reales correspondientes, entendiéndose por tales las que resultan de considerar únicamente las dimensiones geométricas de contorno, sin deducción de ninguno de los taladros correspondientes a las armaduras activas, ni solidarización de las pasivas.

En el cálculo correspondiente al estado en agotamiento por sollicitaciones normales, se comprobarán las secciones suponiéndolas sometidas al momento flector obtenido en la sección distante un canto total de la considerada, en el sentido más desfavorable.

#### COMENTARIOS

### ARTICULO 47. CALCULO RESISTENTE DE SECCIONES SOMETIDAS A SOLICITACIONES NORMALES

#### 47.1. Definición de la sección

##### 47.1.1. Dimensiones de la sección

Para la obtención de las sollicitaciones de agotamiento de una sección, ésta se considerará con sus dimensiones reales en la fase de construcción —o de servicio— analizada, excepto en piezas de sección en T, I o similares, para las que se tendrán en cuenta las anchuras eficaces de las cabezas.

#### COMENTARIOS

##### 47.1.2. Sección resistente

A efectos de cálculos correspondientes a los estados límites de agotamiento por sollicitaciones normales, la sección resistente de hormigón se obtiene de las dimensiones de la pieza, deduciendo todos los huecos, tanto longitudinales como transversales, correspondientes a taladros de pretensado, anclajes, etcétera, que no podrán considerarse como resistentes aunque estén rellenos por la inyección correspondiente.

#### COMENTARIOS

#### 47.2. Principios generales de cálculo

El cálculo de la sollicitación de agotamiento de las secciones se efectuará a partir de las hipótesis generales siguientes:

- El agotamiento se caracteriza por el valor de la deformación en determinadas fibras de la sección, según se detalla en 47.3.
- Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana para piezas en las que la relación  $l/h$ , de la distancia entre puntos de momento nulo al canto total, es superior a 2.

Las deformaciones  $\epsilon_c$  de las armaduras pasivas se mantienen iguales a las del hormigón que las envuelve.

Las deformaciones totales de las armaduras activas adherentes se obtienen sumando a la deformación  $\epsilon_c$  del hormigón que las envuelve, considerada a partir del estado de neutralización, el término:

$$\Delta \epsilon_s = \epsilon_{sc} + \epsilon_{ps}$$

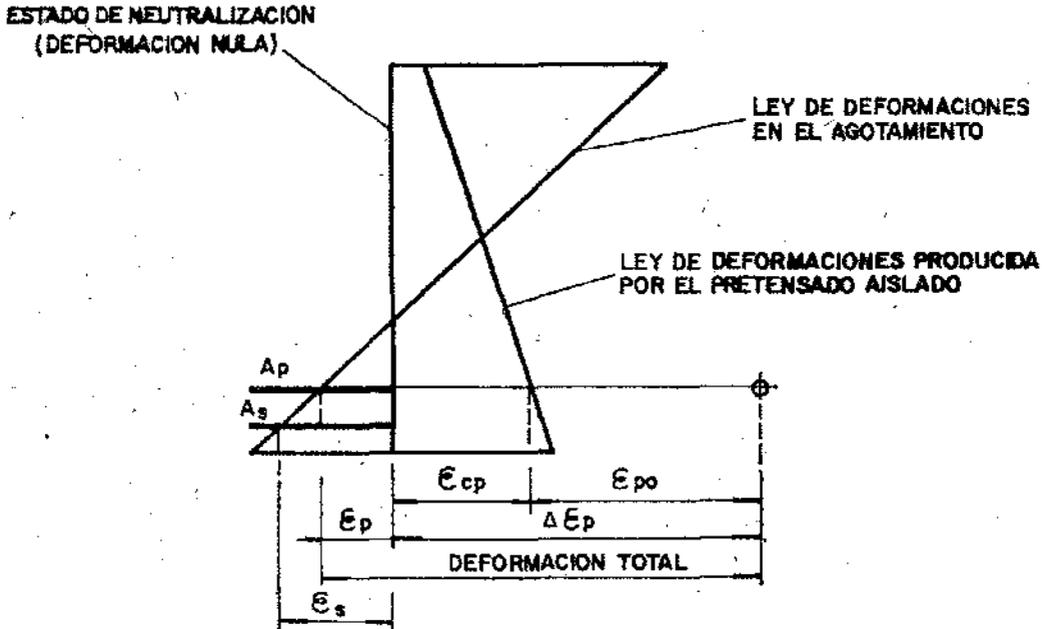


Fig. 47.2.a

siendo:

- $\epsilon_{cp}$  = deformación del hormigón bajo la acción aislada del pretensado total en la fase considerada, y teniendo en cuenta las pérdidas calculadas en la sección homogeneizada (ver artículo 51).
- $\epsilon_{ps}$  = deformación de la armadura activa adherente considerada en la situación anteriormente descrita.

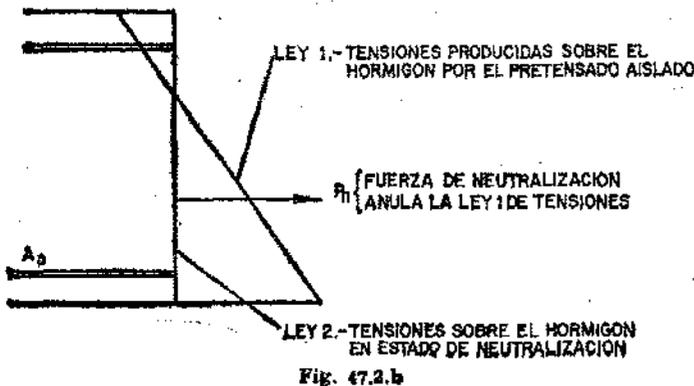
Se entiende por fuerza de neutralización del pretensado aquella que aplicada sobre la sección, en ausencia de solicitaciones exteriores, anula las tensiones que la fuerza de pretensado produce sobre el hormigón. Estado de neutralización es el que resulta de considerar la sección sin solicitaciones exteriores y con la fuerza de neutralización aplicada.

- c) El diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón es el que se define en el artículo 35. No se considerará la resistencia del hormigón en tracción. El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras pasivas es el que se define en 34.4. El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero de las armaduras activas es el que se define en 34.7.
- d) Se aplicarán a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y momentos. De esta forma podrá calcularse la sollicitación resistente mediante la integración de las tensiones en el hormigón y en las armaduras activas y pasivas.

COMENTARIOS

En el caso en que  $l/h \leq 2$  se aplicarán las prescripciones correspondientes a vigas de gran canto.

Respecto al estado de neutralización véase la figura 47.2.b.



47.3. Definición del estado límite de agotamiento

Una sección puede alcanzar, bajo distintas sollicitaciones normales, una serie de situaciones distintas de agotamiento, caracterizadas por la posición del plano de deformaciones. Existen tres formas distintas de agotamiento:

- a) Agotamiento por deformación plástica excesiva del hormigón, que se produce cuando se alcanza, en la fibra más traccionada del hormigón, la deformación convencional  $\epsilon_c = 0,0100$ .
- b) Agotamiento por rotura del hormigón en flexión, que se produce cuando se alcanza, en la fibra más comprimida del hormigón, la deformación  $\epsilon_c = -0,0030$ .
- c) Agotamiento por rotura del hormigón en compresión, que se produce cuando se alcanza, en una fibra intermedia

del hormigón situada a la profundidad  $x = \frac{1}{3} h$ , la deformación  $\epsilon_c = -0,0020$ .

Estas distintas formas de alcanzar el agotamiento originan un «pivoteo» del plano de deformaciones alrededor de tres puntos A, B y C tal como puede apreciarse esquemáticamente en la figura 47.3 y dan lugar a varios dominios que cubren el campo de las sollicitaciones normales:

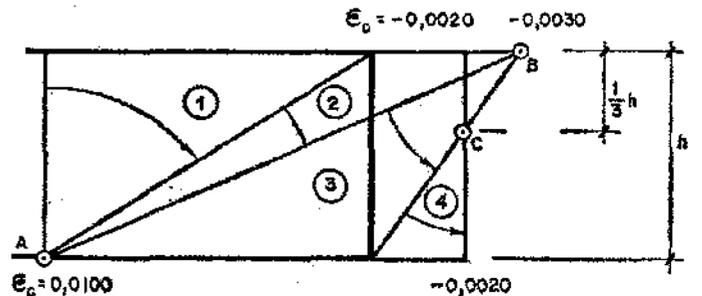


Fig. 47.3

- Dominio 1: Tracción simple o compuesta, estando toda la sección en tracción. El agotamiento se produce por deformación plástica excesiva.
- Dominio 2: Flexión simple o compuesta, sin alcanzar el hormigón su deformación de rotura. El agotamiento se produce por deformación plástica excesiva.
- Dominio 3: Flexión simple o compuesta, con agotamiento por rotura del hormigón en flexión.
- Dominio 4: Compresión compuesta o simple, con agotamiento por rotura del hormigón en compresión.

COMENTARIOS

Se fija el valor  $\epsilon_c = -0,0030$  en lugar de 0,0035 como más adecuado al tipo de secciones habituales en elementos de hormigón pretensado, con cabezas de compresión de fuertes vuelos y pequeños espesores en relación con el canto total y que, como tales, trabajan generalmente en compresión compuesta.

La limitación del alargamiento de la fibra más traccionada del hormigón, en lugar de la limitación del alargamiento de la armadura más traccionada, ha sido adoptada por las razones siguientes:

- a) De esta forma el diagrama de interacción de la sección sin armaduras (hormigón solo) tiene un sentido independiente de la distribución y recubrimiento de las armaduras.
- b) Es concebible una sección con pretensado solamente en una cabeza, trabajando en flexión con un momento exterior del mismo signo del que produce el pretensado (caso de acciones mínimas y pretensado máximo). En este caso si la limitación se establece en la armadura, se admiten curvaturas claramente excesivas. En consecuencia, se unifican en uno solo los dominios 3, 4 y 4a de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado, que corresponden a una misma forma de rotura.

47.4. Comprobación de una sección

Dada una sección que se desca comprobar, resulta posible, a partir de los principios generales enunciados en 47.2, definir por puntos el diagrama de interacción de cálculo de la misma. Este diagrama es una superficie continua y cerrada que representa el conjunto de solicitaciones normales resistentes de cálculo ( $M_{ed}$ ,  $M_{ed}$ ,  $N_{ed}$ ) correspondientes al estado límite de agotamiento de la sección. Si el problema es de flexión recta, el diagrama de interacción es una curva plana ( $M_{ed}$ ,  $N_{ed}$ ).

Para la comprobación de la sección es necesario verificar que la solicitación normal exterior de cálculo ( $N_{ed}$ ) correspondiente al estado límite considerado es interior al diagrama de interacción. Admitido que el diagrama de interacción es convexo, puede ser sustituido por una poligonal cualquiera inscrita en el mismo.

En virtud de la convexidad del diagrama de interacción, y si la solicitación normal exterior de cálculo es una fuerza  $N_{ed}$  que actúa con excentricidades  $e_x$ ,  $e_y$ , la verificación se reduce a encontrar la fuerza del mismo signo  $N_{ed}$  que produce el agotamiento con las mismas excentricidades y comprobar  $|N_{ed}| \leq |N_{ed}|$ . Si la solicitación normal exterior de cálculo es un momento (flexión simple)  $M_{ed}$ , la verificación se reduce a encontrar el momento  $M_{ed}$  que, siendo del mismo signo y actuando en el mismo plano que el exterior, produce el agotamiento y comprobar  $|M_{ed}| \leq |M_{ed}|$ .

COMENTARIOS

Para la comprobación se admiten métodos analíticos o gráficos. En particular, para las secciones de formas y disposiciones de armaduras más habituales en la práctica, resulta conveniente establecer diagramas de interacción dimensionales con cuantías de armadura activa o pasiva variables que permitan la comprobación y dimensionamiento inmediatos de la sección.

47.5. Excentricidad mínima

En soportes y elementos de función análoga toda sección sometida a una solicitación normal exterior de compresión  $N_{ed}$  debe ser capaz de resistir dicha compresión con una excentricidad ficticia, debida a la incertidumbre en la posición del punto de aplicación del esfuerzo normal, igual al mayor de los valores:

$$h/20 \text{ y } 2 \text{ cm}$$

contada a partir del centro de gravedad de la sección bruta y en la dirección más desfavorable.

COMENTARIOS

47.6. Caso de armaduras activas no adherentes

Para el cálculo de agotamiento de secciones con armaduras activas no adherentes sometidas a solicitaciones normales y salvo justificación especial se podrá comprobar la sección basándose en una de las dos hipótesis siguientes:

- a) Las armaduras no adherentes son equivalentes a armaduras adherentes de la misma sección.
- b) Las armaduras no adherentes son equivalentes a armaduras adherentes con una sección igual al 70 por 100 de la sección de aquéllas.

La justificación deberá hacerse basándose en la más desfavorable de las dos.

COMENTARIOS

47.7. Método simplificado de cálculo

Son admisibles métodos simplificados de cálculo, siempre que los resultados con ellos obtenidos concuerden, de manera satisfactoria, con los correspondientes a las hipótesis establecidas en 47.2.

Se admite, en particular, el método correspondiente a «diagrama rectangular» de tensiones en el hormigón, en agotamiento, cuyas hipótesis básicas son las siguientes:

- a) El agotamiento resistente se caracteriza por alcanzarse en la fibra más comprimida de hormigón la deformación  $\epsilon_c = -0,0030$  (rotura del hormigón).
- b) Son válidas las hipótesis b) de 47.2.
- c) El diagrama de tensiones en el hormigón, correspondiente al agotamiento del mismo, se asimila a un rectángulo cuya base es igual a  $0,85 f_{cd}$  y cuya altura y es igual a:  $y = 0,80 x$  cuando  $x \leq h$

$$y = \frac{x - 0,8 h}{x - 0,75 h} \cdot h \text{ cuando } x > h$$

siendo  $x$  la profundidad de la fibra neutra de deformaciones. Cualquiera que sea el tipo de acero utilizado para las armaduras, su diagrama de cálculo puede asimilarse al de un acero de dureza natural del mismo límite elástico. La resistencia de cálculo para las armaduras pasivas en compresión, se considerará limitada a  $4.200 \text{ kp/cm}^2$ .

En el caso de armaduras pasivas se admite que si la distancia  $d'$  del centro de gravedad de la armadura de compresión a la fibra más comprimida, no es superior al 13 por 100 del canto total, la tensión de dicha armadura, al llegar al agotamiento, es igual a la resistencia de cálculo en compresión del acero. Si existen armaduras activas  $A'_s$  en la zona de compresión, a una distancia de la fibra más comprimida inferior a  $0,15h$ , se podrá considerar, en el agotamiento:

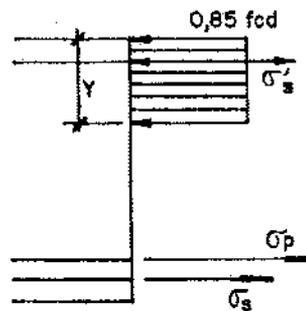
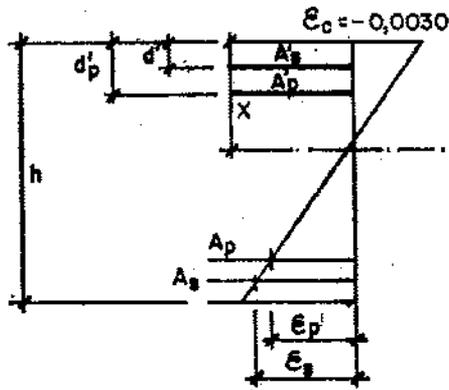
$$\sigma'_p = E_p (\epsilon'_{ps} - 0,002)$$

teniendo  $\epsilon'_{ps}$  el mismo significado indicado en 47.2 para  $\epsilon_{ps}$ .

- d) Se aplicarán a las resultantes de tensiones en la sección las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y momentos, deduciéndose la solicitación de agotamiento, en función de las condiciones de compatibilidad de deformaciones, mediante la integración de las tensiones en el hormigón y en las armaduras.

COMENTARIOS

Las hipótesis expuestas conducen a los diagramas de deformaciones y de tensiones de la figura 47.7 correspondiente al agotamiento.



$$y = 0,8 x$$

$$\begin{cases} \sigma_s = f_{yd}, \text{ si } \epsilon_s \geq \frac{f_{yd}}{E_s} \\ \sigma_s = E_s \epsilon_s, \text{ EN CASO CONTRARIO} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_p = f_{pd} > 4.000 \text{ Kp/cm}^2 \\ \text{si } d' \leq 0,15 h \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma_p = f_{pd}, \text{ si } \epsilon_p + \epsilon_{cp} + \epsilon_{po} \geq \frac{f_{pd}}{E_p} \\ \sigma_p = E_p (\epsilon_p + \epsilon_{cp} + \epsilon_{po}), \text{ EN CASO CONTRARIO} \\ \sigma_p' = E_p (\epsilon_{po} - 0,002), \text{ si } d' < 0,15 h \end{cases}$$

Fig 47.7

En el caso de flexión simple resulta práctico partir del supuesto inicial de que  $\sigma_s = f_{yd}$  y  $\sigma_c = f_{cd}$ , deduciendo, mediante las condiciones de equilibrio, la profundidad y del rectángulo de compresiones. A partir de  $x$  se deducirá a continuación el valor de  $\epsilon_p$  y de  $\epsilon_s$ , comprobando entonces si el supuesto inicial fue cierto, cosa que ocurre generalmente. Si la cuantía de armadura de tracción es supracrítica, no se cumplirá el supuesto inicial y será necesario recurrir a las ecuaciones de compatibilidad.

47.3. Disposiciones relativas a las armaduras

En todos aquellos casos en los que el agotamiento de una sección se produzca por flexión simple o compuesta, bajo la acción de las cargas exteriores —excluida la acción del pretensado—, la armadura resistente longitudinal deberá cumplir las limitaciones siguientes:

a) secciones rectangulares:

$$A_p (0,4 f_{yd} - 500) \frac{d_p}{d_s} + A_s \cdot f_{yd} \geq 0,04 b \cdot h \cdot f$$

b) secciones T, I, cajón o similares:

$$A_p (0,4 f_{yd} - 500) \frac{d_p}{d_s} + A_s \cdot f_{yd} \geq 0,15 A_c \cdot f_{cd}$$

donde:

- $d_p$  = distancia de la resultante de esfuerzos en la armadura activa a la fibra más comprimida.
- $d_s$  = distancia de la resultante de esfuerzos en la armadura pasiva a la fibra más comprimida.
- $A_c$  = Area de la sección de la cabeza de tracción.

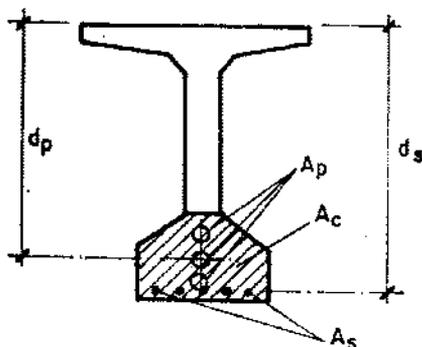


Fig. 47.8

En cualquier caso, si existen armaduras en compresión, para poder tenerlas en cuenta en el cálculo será preciso que vayan sujetas por cercos o estribos, cuya separación  $s$  sea igual o inferior a quince veces el diámetro  $\phi_d$  de la barra comprimida más delgada y cuyo diámetro  $\phi_s$ , sea igual o superior a  $1/4 \phi_d$ , siendo  $\phi_s$  el diámetro de la barra comprimida más gruesa. Si la separación  $s$  entre cercos es inferior a  $15 \phi_d$ ,

su diámetro  $\phi_s$ , podrá disminuirse de tal forma que la relación entre la sección del cerco y la separación  $s$  siga siendo la misma que cuando se adopta

$$\phi_s = \frac{1}{4} \phi_d \text{ y } s = 15 \phi_s$$

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, habrá de quedar distribuida convenientemente, de forma que la distancia entre dos barras consecutivas cumpla las siguientes limitaciones:

- $s \leq 50 \text{ cm}$ ,
- $s \leq$  tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento alma o alas, en las que vayan situadas.

COMENTARIOS

La limitación impuesta a la armadura de tracción aparece justificada por la necesidad de evitar que, debido a la insuficiencia de dicha armadura para asegurar la transmisión de los esfuerzos en el momento en que el hormigón se fisura, pueda romperse la pieza sin aviso previo al alcanzar el hormigón su resistencia en tracción.

ARTICULO 48. CALCULO RESISTENTE DE SECCIONES SOMETIDAS A SOLICITACIONES TANGENTES

48.1. Resistencia a esfuerzo cortante

48.1.1. Consideraciones generales

Dados los conocimientos actuales sobre la resistencia de las estructuras de hormigón frente a esfuerzos cortantes se estableció un método general de cálculo, llamado «regla de cosido» (48.1.2) que deberá utilizarse en todos aquellos elementos estructurales o partes de los mismos que, presentando estados planos de tensión o asimilables a tales, estén sometidos a solicitaciones tangentes según un plano conocido y no correspondan a los casos particulares tratados de forma explícita en esta Instrucción, tales como elementos lineales (48.1.3), placas y losas (48.1.4).

COMENTARIOS

La «regla de cosido» a que se refiere el articulado no es más que una generalización del método de las bielas de Ritter-Morsh que proporciona resultados que se sitúan del lado de la seguridad respecto a los deducidos experimentalmente. Por ello, siempre que existe un número suficientemente grande de tales resultados experimentales como para permitir, de forma segura, deducir métodos de cálculo con los que se consigue aprovechar mejor la capacidad resistente de los elementos estructurales ensayados, aquéllos se proponen en la presente Instrucción como métodos particulares de cálculo. Tal ocurre, en particular, con las vigas o elementos lineales, sometidos a flexión simple o compuesta, de cuya extensa experimentación se ha podido extraer un profundo conocimiento de su comportamiento resistente. La misma razón ha conducido a dar un tratamiento particular, en el marco de este artículo a las estructuras superficiales planas sometidas a cargas normales a su plano.

48.1.2. Regla de cosido

Toda sección de un elemento, según un plano P cualquiera, sobre la que las acciones exteriores originan tensiones tangenciales debe ser atravesada por armaduras transversales (de cosido), convenientemente ancladas a ambos lados de aquel plano P, calculadas según la expresión siguiente (regla de cosido). Véase fig. 48.1.2).

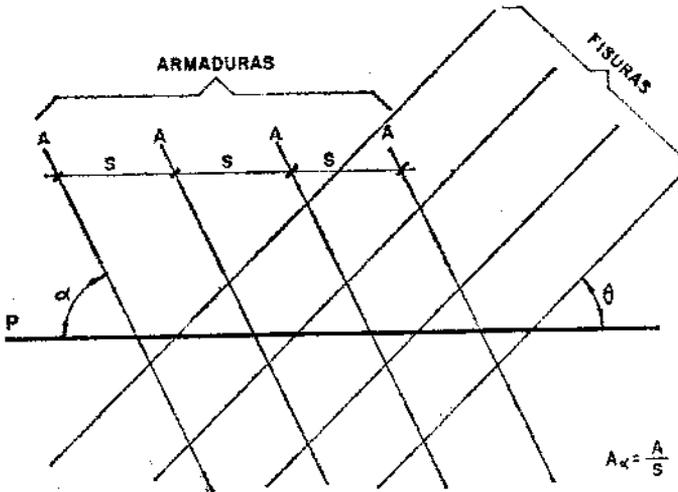


Fig. 48.1.2

$$\sum A_a \cdot f_{y,a,d} \cdot \text{sen } \alpha \cdot (\text{cotg } \alpha + \text{cotg } \theta) \geq \tau_d \cdot b_0$$

La notación utilizada tanto en este apartado como en todos los del 48.1 es la siguiente:

- $b_0$  = anchura neta del elemento, es decir, descontando huecos, si los hay;
- $A_a$  = sección por unidad de longitud, según el plano P, de cada grupo de armaduras transversales que atraviesan el plano P y forman un ángulo  $\alpha$  con el mismo.
- $f_{y,a,d}$  = resistencia de cálculo de las armaduras transversales, igual a:

- Para armaduras pasivas:
  - $f_{y,d} \geq 4.200 \text{ kp/cm}^2$
- Para armaduras activas:
  - Si están aisladas,  $f_{y,d} \geq \sigma_{p,0} + 4.200 \text{ kp/cm}^2$
  - Si están combinadas con pasivas, el menor de los dos valores:

$$f_{y,d} = \sigma_{p,0} + f_{y,d} \text{ con } f_{y,d} \geq 4.200 \text{ kp/cm}^2$$

- $\tau_d$  = tensión tangencial de cálculo en el Plano P, a partir de la anchura neta  $b_0$ .
- $\theta$  = ángulo de inclinación sobre el plano P, de las fisuras oblicuas posibles deducido de la expresión:

$$\text{cotg } \theta = \frac{\sqrt{f_{ct,k}^2 - f_{ct,k} (\sigma_{xd} + \sigma_{yd}) + \sigma_{xd} \sigma_{yd}}}{f_{ct,k} - \sigma_{yd}}$$

siendo:

- $f_{ct,k}$  = resistencia de proyecto a tracción del hormigón;
- $\sigma_{xd}, \sigma_{yd}$  = tensiones normales de cálculo, paralela y perpendicular a P respectivamente.

Las tensiones  $\sigma_{xd}$ ,  $\sigma_{yd}$  y  $\tau_d$  se obtendrán a partir de las acciones de cálculo, incluido el pretensado, de acuerdo con la Teoría de la Elasticidad y en el supuesto de hormigón no fisurado.

Por otra parte, para asegurar que no se produce el agotamiento por compresión del hormigón deberá comprobarse:

$$\tau_d \leq 0,6 \cdot f_{ct,d} \cdot \text{sen}^2 \theta \cdot (\text{cotg } \alpha + \text{cotg } \theta)$$

COMENTARIOS

La «regla de cosido» es una generalización de la teoría de las bielas de Ritter-Mörsch, estableciendo un criterio para definir el ángulo  $\theta$  de inclinación de las bielas, que queda del lado de la seguridad.

En el caso de que el ángulo  $\alpha$  sea de  $90^\circ$  o de  $45^\circ$ , la expresión que proporciona la armadura se transforma en:

- para  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sum A_{90} \cdot f_{y,a,d} = \frac{\tau_d \cdot b}{\text{cotg } \theta}$
- para  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\sum A_{45} \cdot f_{y,a,d} = \tau_d \cdot b_0 \frac{\sqrt{2}}{1 + \text{cotg } \theta}$

En el caso frecuente de que  $\sigma_{yd} = 0$ , la expresión de  $\text{cotg } \theta$  es:

$$\text{cotg } \theta = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{xd}}{f_{ct,k}}}$$

Se recuerda que en las expresiones del articulado se consideran positivas las tensiones de tracción y negativas las de compresión. La resistencia  $f_{ct,k}$  se considera siempre como un valor positivo.

48.1.3. Resistencia a esfuerzo cortante de elementos lineales

Las prescripciones incluidas en los diferentes párrafos de este apartado son de aplicación exclusivamente a elementos lineales sometidos a esfuerzos combinados de flexión, cortante y axil (compresión o tracción).

A los efectos de este apartado se entiende por elementos lineales a aquellos cuya distancia entre puntos de momento nulo es igual o superior a dos veces su canto total y cuya anchura es igual o inferior a cinco veces dicho canto, pudiendo ser su directriz recta o curva.

COMENTARIOS

48.1.3.1. Definición de la sección

Para los cálculos correspondientes al estado límite de agotamiento por esfuerzo cortante, las secciones se considerarán con sus dimensiones reales en la fase analizada. Excepto en los casos en que se indique lo contrario, la sección resistente del hormigón se obtiene a partir de las dimensiones de la pieza, deduciendo los huecos correspondientes a los conductos de pretensado que cruzan la sección y que no podrán considerarse como resistentes, aunque estén rellenos por la inyección correspondiente. En particular, el espesor neto del alma de una pieza en una fibra determinada se obtiene deduciendo de su espesor bruto la suma de diámetros de las vainas situadas en dicha fibra.

COMENTARIOS

Para piezas de formas especiales, cuya sección transversal no sea rectangular, en T o en I, el proyectista podrá asimilarlas a piezas ficticias de alguna de aquellas secciones, haciendo tal asimilación de forma que se asegure que la resistencia del elemento real sea igual o superior a la del ficticio supuesto. En este caso, las dimensiones de la sección a que se hace referencia en este apartado serán las de la sección ficticia considerada.

48.1.3.2. Esfuerzo cortante reducido

Las comprobaciones relativas al estado límite de agotamiento por esfuerzo cortante pueden llevarse a cabo a partir del esfuerzo cortante reducido,  $V_{rd}$ , dado por la siguiente expresión:

$$V_{rd} = V_d + V_{pd} + V_{cd}$$

donde:

- $V_d$  = valor del cálculo del esfuerzo cortante, producido por las acciones exteriores;
- $V_{pd}$  = valor del cálculo de la componente de la fuerza de pretensado paralela a la sección en estudio, tomada dicha fuerza con su valor ponderado;
- $V_{cd}$  = valor de cálculo de la componente paralela a la sección, de la resultante de tensiones normales, tanto de compresión como de tracción, sobre las fibras longitudinales de hormigón, en piezas de sección variable.

COMENTARIOS

El término  $V_{pd}$  se deduce del pretensado con su valor medio y sin incluir un coeficiente de minoración  $\gamma_p > 1$ , para tener en

cuenta, en cierto modo, el incremento de la tensión final de la armadura activa cuando el hormigón se descomprime. (Véase artículo 41.)

48.1.3.3. Definición de las zonas de comprobación

A efectos de las comprobaciones relativas al agotamiento por esfuerzo cortante se distinguen dos zonas:

- Zona AB, caracterizada por la condición:

$$\sigma_{cl,d} < f_{cl,k}$$

- Zona C, caracterizada por la condición:

$$\sigma_{cl,d} \geq f_{cl,k}$$

siendo:

$\sigma_{cl,d}$  = la tensión normal que aparece en la fibra extrema de la cabeza más traccionada o menos comprimida, determinada en el supuesto de comportamiento elástico de los materiales y de integridad del hormigón, bajo la actuación de los esfuerzos normales de cálculo más desfavorables.

COMENTARIOS

El mecanismo de resistencia de una viga a esfuerzo cortante depende esencialmente de su modo de fisuración bajo las acciones de cálculo. En principio convendría distinguir las tres zonas siguientes:

- Zona A, en la cual el agotamiento por cortante aparece sin fisuración de ninguna clase. Esta zona se encuentra, en la mayoría de los casos, en las proximidades de los apoyos simples y de los puntos de momento nulo, donde el pretensado basta para limitar, en toda la altura de la sección, los valores de las tensiones principales de tracción por debajo de la resistencia de rotura del hormigón a tracción. La rotura por cortante, en esta zona, aparece por compresión principal en el alma.
- Zona B, en la cual, antes de producirse el agotamiento por esfuerzo cortante, y sin que se fisure la cabeza de tracción, aparecen fisuras inclinadas, que nacen en el alma cuando la tensión principal de tracción  $\sigma_1$ , calculada en el supuesto de integridad del hormigón, alcanza el valor de la resistencia a tracción del mismo. En este caso, al alcanzarse la rotura, tanto la fisuración del alma como la redistribución del mecanismo resistente de la pieza quedan muy limitados.
- Zona C, en la cual las fisuras inclinadas, que aparecen generalizadas al sobrevenir el agotamiento resistente, se desarrollan a partir de las fisuras de flexión, en aquellas zonas donde los momentos flectores son grandes o el pretensado escaso. En este caso, tanto la fisuración como la redistribución de esfuerzos interiores, buscando un mecanismo resistente adecuado, son muy amplias, resultando para estas zonas un comportamiento más similar al de las piezas de hormigón simplemente armado.

Las dos zonas A y B se han agrupado, a efectos de comprobación, en una sola, AB, razón por la cual el criterio de separación de las zonas AB y de la zona C, lo determina exclusivamente la posibilidad de fisuración por flexión de la sección.

48.1.3.4. Comprobaciones que hay que realizar

El estado límite de agotamiento por esfuerzo cortante puede alcanzarse, ya sea por agotarse la resistencia a compresión del alma o por agotarse su resistencia a tracción. En consecuencia, es necesario comprobar que se cumple simultáneamente:

$$\begin{aligned} V_{rd} &\leq V_{u1} \\ V_{rd} &\leq V_{u2} \end{aligned}$$

donde:

- $V_{rd}$  = esfuerzo cortante reducido de cálculo definido en 48.1.3.2;
- $V_{u1}$  = esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma;
- $V_{u2}$  = esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

COMENTARIOS

48.1.3.4.1. Obtención de  $V_{u1}$

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua se deduce de la siguiente expresión:

$$V_{u1} = 0,80 f_{cd} \operatorname{sen}^2 \theta (\cotg \alpha + \cotg \theta) b_w d_1$$

expresión en la que  $\cotg \alpha \geq 0,6$  y  $d_1$  es el canto útil de la sección definido en 48.1.3.4.2.

COMENTARIOS

48.1.3.4.2. Obtención de  $V_{u2}$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma vale:

$$V_{u2} = V_{u0} + V_{u1}$$

donde:

$V_{u0}$  = contribución de la armadura transversal de alma a la resistencia a esfuerzo cortante;

$V_{u1}$  = contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante.

a) Cálculo de  $V_{u0}$ :

$$V_{u0} = \sum A_{s,i} f_{y,i,d} 0,9 d_1 \operatorname{sen} \alpha (\cotg \alpha + \cotg \theta)$$

donde:

$$\cotg \theta = \frac{\sqrt{f_{ct,k} - f_{ct,k} (\sigma_{xc} + \sigma_{yd}) + \sigma_{xc} \cdot \sigma_{yd}}}{f_{ct,k} - \sigma_{yd}}$$

sin limitación alguna en la zona AB y con la limitación  $0,5 \leq \cotg \theta \leq 2$  en la zona C.

$d_1$  = distancia entre el paramento más comprimido y la armadura, activa o pasiva, sobre la que se cierran los estribos.  $\sigma_{xc}$  y  $\sigma_{yd}$  se obtendrán en la fibra baricéntrica de la sección.

b) Cálculo de  $V_{u2}$ :

En la zona C:

$$V_{u2} = V_{u0} \left[ 1 + \frac{M_c}{M_d} (2 - \cotg \theta) \right]$$

$$\left[ 1 - \frac{V_{rd}}{3V_{u0}} (\cotg \theta - 1) \right] \leq 0$$

donde:

Con la limitación:

$$\left[ 1 + \frac{M_c}{M_d} (2 - \cotg \theta) \right] \geq 2$$

donde:

- $M_c$  = momento de descompresión de la sección en estudio;
- $M_d$  = momento de cálculo concomitante con  $V_d$ ;
- $V_{u0} = f_{ct} \cdot b_w \cdot b_p$ , con  $f_{ct} = 0,5 \sqrt{f_{ct,k}}$ , y siendo  $d_1$  la distancia entre la cara más comprimida y el centro de gravedad de la resultante de tracción en la armadura principal de flexión.

En la zona AB puede considerarse que cualquiera que sea el valor de  $\cotg \theta$ :

$$V_{u2} = V_{u0}$$

Cuando en el cálculo de  $V_{u2}$  se tenga en cuenta la reducción por el término  $V_{rd}$  —ver 48.1.3.2— se tomará, en cualquier caso,  $V_{u2} = 0$ .

COMENTARIOS

Si la fibra baricéntrica queda situada en una de las dos cabezas de la sección, en el cálculo de  $\cotg \theta$  se utilizarán los valores de  $\sigma_{xc}$  y  $\sigma_{yd}$  que aparecen en la fibra de unión del alma con la cabeza correspondiente, siempre que aquellos valores sean inferiores a los obtenidos en la baricéntrica.

Los cálculos correspondientes al estado límite de agotamiento, por cortante en un elemento lineal, están basados en el método clásico de Ritter-Morsch, teniendo en cuenta una inclinación de la fisura sobre el eje de la viga variable según la compresión longitudinal aplicada y tomando en consideración la aportación de la cabeza comprimida a la resistencia frente a esfuerzos cortantes, deducida de resultados experimentales, aportación que se introduce a través del término  $V_{u1}$ .

Conviene recordar, al igual que se hizo en el comentario del 48.1.2, que en el caso frecuente de pretensado transversal nulo ( $\sigma_{yd} = 0$ ), la expresión de  $\cotg \theta$  es:

$$\cotg \theta = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{xd}}{f_{ct,k}}}$$

Hay que tener en cuenta que si el esfuerzo normal sobre la sección es de tracción, el término  $\frac{M_d}{M_j}$  se puede hacer negativo.

por lo que se recomienda que si  $N$  es de tracción se considere  $V_m = 0$ .

48.1.3.4.3. Casos especiales de carga

A los efectos exclusivos de las comprobaciones de 48.1.3.4.1 y 48.1.3.4.2, y cuando sobre dos caras opuestas de una pieza actúan una carga y una reacción a una distancia entre ellas no mayor de 0,75  $h$ , la fracción de la carga equilibrada por todo o parte de la reacción podrá no ser tenida en cuenta en la región de la pieza comprendida entre esas dos fuerzas.

Cuando somete una viga a una carga colgada, aplicada a un nivel tal que queda fuera de la cabeza de compresión de la viga, se dispondrán las oportunas armaduras transversales (armaduras de suspensión), convenientemente ancladas, para transferir el esfuerzo correspondiente a aquella cabeza de compresión.

Por otra parte, en las zonas extremas de las piezas pretensadas y, en especial, en los casos de armaduras activas pretensas ancladas por adherencia, será necesario estudiar el efecto de la introducción progresiva de la fuerza de pretensado en la pieza, valorando esta fuerza en cada sección con arreglo a lo indicado en el artículo 50.

COMENTARIOS

El efecto de la fuerza de pretensado en la comprobación a cortante es doble, ya que reduce el esfuerzo aplicado al hormigón ( $V_{ed}$ ) e introduce tensiones normales de compresión en la sección que son favorables, en cuanto que ayudan a reducir las tensiones principales de tracción y a situar la zona en estudio de la pieza en zona AB (ver 48.1.3.4). Es, pues, necesario valorar prudentemente aquella fuerza de pretensado. Por ello se llama la atención sobre el hecho de que en las zonas de una pieza próximas al anclaje de las armaduras activas, particularmente cuando tal anclaje se realiza exclusivamente por adherencia, la fuerza de pretensado crece progresivamente desde un valor nulo en la sección extrema hasta alcanzar su valor total a una cierta distancia de la misma. Es frecuente que las secciones de apoyo se encuentren incluidas en esta zona, y al comprobarlas a esfuerzo cortante será preciso tener en cuenta el valor reducido de aquella fuerza de pretensado.

48.1.3.5. Disposiciones relativas a las armaduras

48.1.3.5.1. Armaduras transversales

La separación  $s_t$  entre armaduras transversales deberá cumplir las condiciones:

$$\begin{aligned} s_t &\leq 30 \text{ cm} \\ s_t &\leq 0,85 d_1 \\ s_t &\leq 3 b \end{aligned}$$

siendo  $d_1$  el valor definido en 48.1.3.4.2. Además, si existe armadura de compresión y se tiene en cuenta en el cálculo, los cercos o estribos cumplirán las prescripciones de 47.8.

En todos los casos se prolongará la colocación de cercos o estribos en una longitud igual a medio canto de la pieza, más allá de la sección en la que teóricamente dejen de ser necesarios.

Todo elemento lineal debe llevar una armadura transversal, llamada de alma, compuesta de barras paralelas a las caras laterales del alma y ancladas eficazmente en una y otra cabeza.

Estas armaduras deben formar con el eje de la viga un ángulo comprendido entre 45° y 90°, inclinadas en el mismo sentido que la tensión principal de tracción producida por las cargas exteriores al nivel del centro de gravedad de la sección de la viga supuesta no fisurada.

Las armaduras que constituyen la armadura transversal pueden ser activas o pasivas, aisladas o combinadas.

La cuantía mínima de tales armaduras debe ser tal que se cumpla la relación;

$$\Sigma \frac{A_{st} \cdot f_{rd}}{\text{sen } \alpha} \geq 0,02 \cdot f_{ct} \cdot b$$

donde;

$b$  = espesor bruto del alma.

COMENTARIOS

48.1.3.5.2. Armaduras longitudinales

Las armaduras longitudinales de flexión, activas y pasivas, situadas a una distancia  $d_p$  respecto a la cara más comprimida, han de ser capaces de absorber un incremento de tracción respecto a la producida por  $M_d$  igual a:

$$\Delta T = (V_{ed} - \frac{V_m}{2}) \cotg \theta$$

En particular, si toda la armadura activa se ha alejado de la fibra más traccionada y no se ha previsto armadura pasiva que colabore a la resistencia a flexión, será necesario colocar una armadura pasiva longitudinal, abrazada por los estribos, con una sección mínima igual a:

$$A_{st} \cdot f_{rd} = (V_{ed} - \frac{V_m}{2}) \cotg \theta$$

Las prescripciones anteriores no son necesarias en las zonas AB de un elemento lineal.

Se recuerda también la conveniencia de disponer armaduras de piel longitudinales en piezas de canto superior a 60 cm.

COMENTARIOS

48.1.3.6. Unión de las alas de una viga con el alma

Para el cálculo a tensiones tangenciales en las alas de las cabezas de vigas en T, I, en cajón o similares se aplicará la regla de cosido de 48.1.2. La tensión  $\tau_d$  a que se hace referencia en dicha regla es la tensión tangencial media de cálculo que aparece en el plano P, paralelo al alma, de arranque de las alas, o en otro plano cualquiera paralelo al de arranque si resulta más desfavorable.

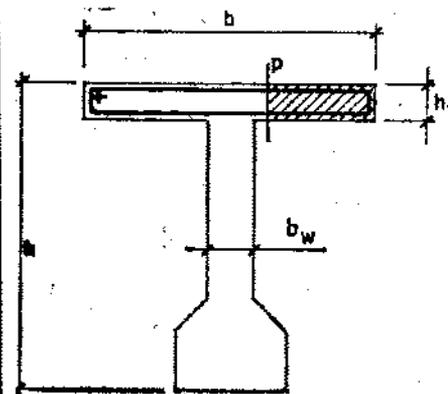
COMENTARIOS

El valor de  $\tau_d$  se obtiene a partir del esfuerzo que debe ser transmitido al alma por unidad de longitud. Este esfuerzo corresponderá a la compresión en el hormigón, para las cabezas comprimidas, y a la tracción en las armaduras, para las traccionadas.

Por tanto, y de forma aproximada, se pueden obtener los valores de  $\tau_d$  mediante las siguientes expresiones;

a) Ala comprimida (fig. 48.1.3.6.a):

$$\tau_d = V_{ed} \frac{b - b_w}{2b} \frac{1}{0,8 h \cdot h_f}$$



Es posible tener en cuenta el efecto favorable de las tensiones normales utilizando en el cálculo de la -regla de cosido- una compresión  $\sigma_{ed}$  deducida para la fibra media de dicha cabeza y para la hipótesis de carga utilizada para la obtención de  $\tau_d$ .

Fig. 48.1.3.6.a

b) Ala traccionada (fig. 48.1.3.6.b):

$$\tau_{12} = V_{12} \frac{A_0}{A} \frac{1}{0.8 h \cdot h_1}$$

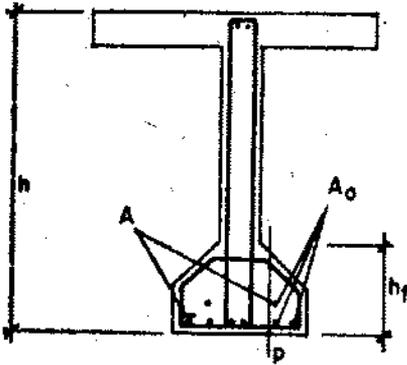


Fig. 48.1.3.6.b

siendo A la sección de armadura de tracción total y  $A_0$  la sección de la misma armadura que queda, por fuera de los cercos del alma, del lado del plano «B». Se supondrá, en cualquier caso,  $\sigma_{12} = 0$ . Es recomendable en cabezas de tracción con vuelos importantes

distribuir uniformemente la armadura principal de tracción por dichos vuelos.

(Continuará.)

## MINISTERIO DEL EJERCITO

15425

REAL DECRETO 1609/1977, de 13 de mayo, sobre declaración de aptitud para el ascenso en régimen ordinario de Oficiales Generales y particulares en el Grupo de Mando de Armas de las Escalas Activas del Ejército y Cuerpo de la Guardia Civil y sus asimilados.

La Ley número treinta/mil novecientos setenta y tres, de diecinueve de diciembre, que modifica en su redacción los artículos quinto, trece, catorce y dieciséis y suprime el octavo de la Ley número doce/mil novecientos sesenta y uno, aconseja la publicación de un Decreto que recoja las modificaciones introducidas por la primera de las citadas Leyes, y manteniendo el espíritu del Decreto número tres mil ciento ochenta y uno/mil novecientos sesenta y seis, de veintidós de diciembre, que fija las condiciones o aptitudes para el ascenso de los Generales, Jefes y Oficiales de las Escalas Activas del Ejército y Cuerpo de la Guardia Civil, se actualice la designación de los distintos Organismos y Unidades del Ejército de acuerdo con la actual organización y se incluyan algunas modificaciones aconsejadas por la experiencia adquirida desde la fecha de publicación del anterior Decreto.

En su virtud, de conformidad con el Consejo de Estado, a propuesta del Ministro del Ejército y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día trece de mayo de mil novecientos setenta y siete,

### DISPONGO:

Artículo primero.—Los Oficiales Generales y particulares de las Armas y del Cuerpo de la Guardia Civil, pertenecientes a las Escalas Activas, grupo de «Mando de Armas» y los de las Escalas Activas de los Cuerpos y sus asimilados, ascenderán en régimen ordinario al empleo superior inmediato, con ocasión de vacante que corresponda dar al ascenso si están declarados aptos para el mismo, con arreglo a las condiciones que se fijan en este Decreto y a las normas complementarias que el Ministro del Ejército dicte para su desarrollo.

Artículo segundo.—A los Jefes y Oficiales declarados aptos para el ascenso se les otorgará por riguroso orden de antigüedad, hasta el empleo de Coronel inclusive.

Dicho orden de antigüedad debe ser concordante con el orden de escalafonamiento, por lo que la alteración de cualquiera de ambas órdenes, en virtud de las disposiciones vigentes, debe reflejarse automáticamente en el otro, en medida equivalente.

El ascenso al Generalato, en sus empleos de Brigada y División o asimilados y de Teniente General, será por elección en las condiciones que se determinan en el presente Decreto.

Artículo tercero.—Para obtener la declaración de aptitud se establecen:

#### A) Condiciones generales:

Primera.—Estar bien conceptuado en la hoja de servicios.

Segunda.—Haber cumplido el tiempo mínimo de efectividad, de destino y de mando en las Armas y en el Cuerpo de la Guardia Civil y de efectividad y destino en los demás Cuerpos del Ejército, que para cada empleo se determinan en el artículo quinto del presente Decreto, y en las condiciones que se establecen en el mismo.

Tercera.—Haber superado, además, las pruebas de aptitud que convega exigir para garantizar una adecuada utilización de medios y procedimientos propios de cada empleo, surgidos como consecuencia de la evolución de la técnica militar.

#### B) Condiciones particulares:

Primera.—Aprobar el curso de aptitud para ascenso a la categoría de Jefe (al empleo de Comandante) y haber cumplido, en uno, o entre los dos empleos de Oficial, cinco años de mando de Unidad armada de las comprendidas en el apartado dos del grupo I definido en el artículo sexto de este Decreto; de ellos, uno como mínimo en el empleo de Capitán y precisamente al mando de Unidad tipo Compañía.

El curso será realizado en el empleo de Capitán.

En los Cuerpos, sólo se exigirá el curso de aptitud en aquellos que se estime necesario.

Segunda.—Para el ascenso al empleo de Coronel, de las Armas, haber estado destinado, entre los empleos de Comandante y Teniente Coronel, como mínimo, un año sin solución de continuidad, en las Unidades señaladas en el apartado dos del grupo I del artículo sexto de este Decreto. Para el ascenso a este empleo en el Cuerpo de la Guardia Civil, será condición precisa el haber ejercido el mando de Comandancia en el empleo de Teniente Coronel o Comandante, durante un tiempo no inferior a dos años.

Tercera.—Para ascenso al empleo de General de Brigada, de las Armas, haber superado el reconocimiento médico previo y el curso básico para mandos superiores y tener cumplidos, en uno o entre los tres empleos de Jefe, cinco años de mando de Unidad Armada de las comprendidas en el apartado dos del grupo I definido en el artículo sexto de este Decreto; de ellos, uno en el empleo de Teniente Coronel o en el de Coronel y precisamente al mando de Unidad tipo Batallón o Regimiento, de las comprendidas en la condición sexta de este apartado B). El ascenso a este empleo en el Cuerpo de la Guardia Civil estará condicionado a la obligatoriedad de asistir, previo reconocimiento médico, al curso básico de mandos superiores, con carácter informativo, y a haber ejercido el mando en el empleo de Coronel durante un tiempo no inferior a un año en alguna de las Unidades, Centros o Academias que a continuación se señalan:

Tercio, Academia Especial, Centro de Instrucción, Colegio de Guardias Jóvenes y Agrupación de Tráfico.

El curso será realizado en el empleo de Teniente Coronel o en el de Coronel.

Para el ascenso a General de Brigada o asimilado de los Cuerpos, superar el curso de Logística u otros que puedan establecerse a tal fin.

Cuarta.—Los Jefes y Oficiales diplomados de Estado Mayor podrán computar tres años de los cinco de mando necesarios para el ascenso a Comandante o a General de Brigada, por otros tantos servidos en vacantes asignadas en plantilla. Se exceptúa de dicha convalidación el año de mando de Unidad tipo Compañía, y el de Unidad independiente tipo Batallón o Regimiento.

Quinta.—El tiempo permanecido como alumno concurrente en los cursos de aptitud para el ascenso a Jefe, en el básico de mandos superiores, cualquiera que sea el empleo que se ostente al realizarlo, en los de la Escuela de Estado Mayor y otros que traigan consigo la concesión de diplomas o títulos de carácter táctico o logístico, será considerado como tiempo de mando de Unidad armada, a efectos del cumplimiento de los tiempos de mando necesarios para el ascenso, tanto en el empleo superior como a Jefe o a General, y excepción hecha de los años de mando de Unidad tipo Compañía, Batallón o Regimiento, no computables.

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**15530** ORDEN de 21 de junio de 1977 por la que se dispone la formación de la Estadística de Radiodifusión sonora.

Excelentísimo e Ilustrísimo señores:

Con fecha 25 de febrero de 1959, esta Presidencia dispuso que el Instituto Nacional de Estadística elaborase la Estadística de Radiodifusión y Televisión en colaboración con la Dirección General del Ramo, lo que así se viene realizando hasta el momento presente.

Por otra parte, con fecha 28 de abril de 1975, el Ministerio de Información y Turismo, previo dictamen favorable del Consejo Superior de Estadística, estableció un Plan de Estadísticas a desarrollar en el tiempo y en el espacio que abarcase la totalidad de las actividades económicas vinculadas directamente a este Departamento, disponiendo en el artículo cuarto que los proyectos de investigación, una vez redactados, habrían de ser sometidos a la consideración del Instituto Nacional de Estadística y al Consejo Superior de Estadística.

En cumplimiento de ello, la Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo ha elaborado un Proyecto de Estadísticas referente al sector Radiodifusión sonora, cuyas actividades se identifican con el grupo 964 de la clasificación de actividades económicas.

En la redacción de este Proyecto, dictaminado favorablemente por el Consejo Superior de Estadística, se han tenido en cuenta, de una parte, la experiencia adquirida por el Instituto Nacional de Estadística a lo largo de estos años de investigación en esta rama de actividad, y, de otra, las necesidades actuales del Ministerio de Información y Turismo, así como las recomendaciones internacionales en la materia.

En su virtud, y con la conformidad del Ministerio de Información y Turismo, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero. La Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo, con la colaboración de la Dirección General de Radiodifusión y Televisión, formará la Estadística de Radiodifusión sonora correspondiente al grupo 964 de la clasificación de actividades económicas, utilizándose a este fin los cuestionarios oficiales que la Secretaría General Técnica remitirá a las Empresas interesadas.

Segundo. La estadística de referencia se considerará como investigación del Instituto Nacional de Estadística en lo que respecta:

1) A la obligación de las Empresas de facilitar los datos requeridos al efecto por la Secretaría General Técnica anteriormente citada.

2) A la observancia del secreto estadístico por parte de cuantos intervengan en los diversos trabajos de elaboración de la mencionada estadística.

3) A la facultad del Director general del Instituto Nacional de Estadística de disponer comprobaciones e imponer sanciones con arreglo a los artículos 134 y siguientes del Reglamento de Estadística.

Tercero. Los resultados de estas estadísticas serán sometidos a la aprobación del Instituto Nacional de Estadística, previo informe de la Comisión Mixta de Coordinación y Asesoramiento para las Estadísticas de Servicios.

La Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo facilitará al Instituto Nacional de Estadística los resultados mensuales y anuales que se obtengan, en la forma y plazos que se determinen.

Los Organismos interesados en estas actividades solicitarán del Instituto Nacional de Estadística la información precisa.

Cuarto. Las referidas estadísticas estarán a cargo de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo, salvo lo que esta Presidencia disponga por causa de reforma o coordinación de servicios estadísticos.

Quinto. A fin de asegurar la continuidad de la información, quedará subsistente lo dispuesto en la Orden de esta

Presidencia de 25 de febrero de 1959 hasta que se disponga, en su totalidad, de la información prevista en la presente Orden.

Sexto. Se faculta al Instituto Nacional de Estadística y a la Secretaría General Técnica del Ministerio de Información y Turismo, para que dicten las normas complementarias que procedan y que permitan establecer la coordinación necesaria entre ambos Organismos.

Lo que comunico a V. E. y a V. I.

Dios guarde a V. E. y a V. I.

Madrid, 21 de junio de 1977.

OSORIO

Excmo. Sr. Ministro de Información y Turismo e Ilmo. Sr. Director general del Instituto Nacional de Estadística.

**15531** ORDEN de 30 de junio de 1977 por la que se completa la estructura orgánica del Gran Área de Expansión Industrial de Andalucía.

Ilustrísimos señores:

Creada la Gerencia del Gran Área de Expansión Industrial de Andalucía por Real Decreto 1118/1977, de 20 de mayo, y previstas en su artículo 4.º, 3, las funciones a desempeñar por la misma, se hace preciso fijar su estructura orgánica, así como las de las Delegaciones Provinciales que de ella dependan. En su virtud, esta Presidencia del Gobierno dispone:

Primero.—1. La Gerencia del Gran Área de Expansión Industrial de Andalucía, que se localizará en Málaga, se estructura en los siguientes órganos:

1.1. Con nivel de Servicio:

- Secretaría General.
- Servicio de Planeamiento y Estudio.
- Servicio de Evaluación de Proyectos.

1.2. Con nivel de Sección:

- Dependiendo de la Secretaría General, una Sección de Personal y Asuntos Generales.
- Dependiendo del Servicio de Planeamiento y Estudios, una Sección de Planeamiento y una Sección de Estudios.
- Dependiendo del Servicio de Evaluación de Proyectos, una Sección de Evaluación de Proyectos y una Sección de Control y Vigilancia.

A este personal se añadirá el personal administrativo, auxiliar y subalterno necesario.

2. En relación jerárquica con la Gerencia del Gran Área, y en cada una de las provincias andaluzas, se crea una Delegación, desempeñada por un Delegado, del que dependerá un Secretario de la Delegación, con categoría de Jefe de Sección, y el personal auxiliar y subalterno necesario.

Lo que comunico a VV. II. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a VV. II.

Madrid, 30 de junio de 1977.

OSORIO

Ilmos. Sres. Subsecretario de Planificación y Director general de Acción Territorial y Medio Ambiente.

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto (Continuación.) 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

48.1.3.7. Caso de secciones mixtas

Para el cálculo del cosido a las almas de cabezas hormigonadas «in situ» sobre elementos prefabricados, el efecto favorable del pretensado no puede tenerse en cuenta más que si se

ha realizado después del vertido y endurecido del hormigón de la cabeza. Se efectuarán dos comprobaciones a esfuerzo cortante:

- a) En el alma del elemento prefabricado, en cada fase, con  $V_{rd}$ , según el valor de la fuerza de pretensado correspondiente, deduciendo  $\sigma_p$  según los criterios expuestos en 48.1.3.4, al nivel de la fibra baricéntrica.
- b) En la junta entre elemento prefabricado y cabeza hormigonada «in situ», con  $V_{rd}$  deducido de las acciones, cargas y pretensado que actúan después de endurecida la cabeza. Las tensiones de pretensado  $\sigma_p$  serán las correspondientes al aplicado en esta segunda fase.

Por otra parte, y de no haberse comprobado experimentalmente que está asegurada la adherencia entre el hormigón prefabricado y el hormigón «in situ», se dispondrá una armadura cruzando la junta (armadura pasante), cuya cuantía no sea inferior a vez y media la indicada en 48.1.3.5.1.

COMENTARIOS

Los ensayos demuestran que la adherencia entre hormigón prefabricado y hormigón «in situ» es suficiente, para tensiones tangentes moderadas, cuando la unión se efectúa sobre superficie natural limpia de polvo.

48.1.4. Resistencia a esfuerzo cortante de placas y losas

Las prescripciones incluidas en este apartado son de aplicación exclusivamente a elementos superficiales planos, de sección llena o aligerada, cargados normalmente a su plano medio.

COMENTARIOS

48.1.4.1. Sección resistente

A efectos del cálculo de los esfuerzos cortantes de agotamiento, la anchura  $b_0$  de un nervio será la mínima a lo largo de su altura, deduciendo los huecos longitudinales correspondientes a los conductos de pretensado (ver fig. 48.1.4.1).

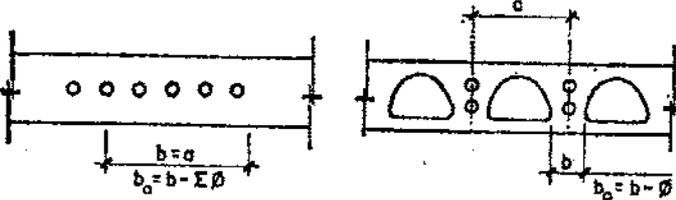


Fig. 48.1.4.1

En el caso de losas macizas, el cálculo se desarrollará para el cortante actuante sobre una anchura  $a$ .

COMENTARIOS

48.1.4.2. Comprobaciones que hay que realizar

Es necesario comprobar que se cumplen simultáneamente las dos condiciones:

$$\begin{aligned} V_{rd} &\leq V_{rd} \\ V_{rd} &\leq V_{rd} \end{aligned}$$

teniendo  $V_{rd}$ ,  $V_{rd}$  y  $V_{rd}$  los mismos significados indicados en 48.1.3.4.

COMENTARIOS

48.1.4.2.1. Obtención de  $V_{rd}$

Es de aplicación lo indicado en 48.1.3.4.1.

COMENTARIOS

48.1.4.2.2. Obtención de  $V_{rd}$

a) Losas sin armadura transversal

Si no se disponen armaduras transversales, el esfuerzo cortante de agotamiento viene dado por:

$$V_{rd} = \left(1 + \frac{M_0}{M_d}\right) \cdot 0,50 V_{rd} \cdot \xi (1 + 50 \rho_w)$$

donde:

$\xi = 1,8 - d_1 \leq 1$ , con  $d_1$  expresado en metros;

$\rho_w = \frac{A_s + A_p \cdot f_{yp}/f_{td}}{b \cdot d_1} \geq 0,02$  es la cuantía geométrica ponderada

de armadura longitudinal anclada a una distancia igual o mayor que  $d_1$ , a partir de la sección en estudio.

Por otra parte:

$$1 + \frac{M_0}{M_d} \geq 2$$

En este caso no se puede contar con  $V_{rd}$  y se tendrá:

$$V_{rd} = V_{rd}$$

b) Losas con armadura transversal

Es de aplicación lo indicado en 48.1.3.4.2.

COMENTARIOS

48.1.4.3. Disposiciones relativas a las armaduras

48.1.4.3.1. Armaduras transversales

a) La ausencia total de armadura transversal sólo está permitida si se cumplen las dos condiciones:

$$\begin{aligned} d_1 &\leq 0,8 \text{ m} \\ a &\leq 5b \end{aligned} \quad (\text{ver fig. 48.1.4.1})$$

b) En los casos en que no se cumplen las condiciones anteriores, o cuando  $V_{rd} > V_{rd}$  es de aplicación lo indicado en 48.1.3.5.1.

COMENTARIOS

48.1.4.3.2. Armaduras longitudinales

En el caso de tener que disponer armadura transversal —caso b)— es de aplicación lo indicado en 48.1.3.5.2.

COMENTARIOS

48.2. Torsión

48.2.1. Generalidades

Toda pieza prismática de hormigón pretensado que tenga sollicitación de torsión simple o acompañada de flexión y esfuerzo cortante se calculará, según este apartado, con las armaduras longitudinal y transversal, que a continuación se describen.

Armadura longitudinal, constituida por barras o tendones paralelos a su directriz, distribuidos a separación uniforme, no superior a 30 cm, en un contorno de lados paralelos al contorno exterior de la sección (fig. 48.2.1), a la distancia  $c$ , entre el centro de la armadura y el parámetro más próximo, y teniendo una barra o tendón en cada esquina. El pretensado de la armadura longitudinal eleva el valor del momento torsor de fisuración, pero no el de agotamiento.

Armadura transversal, constituida por cercos cerrados, con el solape de empalme que prescribe el artículo 19, o con soldaduras en taller de resistencia no inferior a la del redondo del cerco, situados en planos normales a la directriz de la pieza.

COMENTARIOS

El comportamiento a torsión de una pieza prismática depende de la forma de su sección, de la disposición de las armaduras y de la resistencia de los materiales. Además influyen las otras componentes de sollicitación  $N$ ,  $V$ ,  $M$  que simultáneamente actúan.

Este apartado se refiere a piezas en las que la torsión produce fundamentalmente tensiones tangenciales en su sección, lo que ocurre en las secciones convexas macizas o huecas y en algunas otras.

Este apartado no es aplicable en las secciones no convexas de pared delgada, en las que la torsión produce tensiones normales y tangenciales.

El estado tensional de la pieza no fisurada se transforma esencialmente al aparecer las fisuras, en función de la disposición de las armaduras, reduciéndose la rigidez a torsión de la pieza a una pequeña fracción de la pieza, no fisurada.

La resistencia de los materiales influye en la forma de agotamiento y en el valor de la sollicitación que lo produce.

En el articulado se definen las armaduras longitudinales y transversales que generalmente se emplean en las piezas prismáticas sometidas a torsión y para las que tienen validez el método de cálculo que establece la Instrucción.

Puede emplearse malla electrosoldada, que sirve a la vez de armadura transversal y de armadura longitudinal parcial o total.

Pueden emplearse armaduras longitudinales o transversales con otra disposición, utilizando métodos de cálculo que proporcionen la misma seguridad que el aquí establecido.

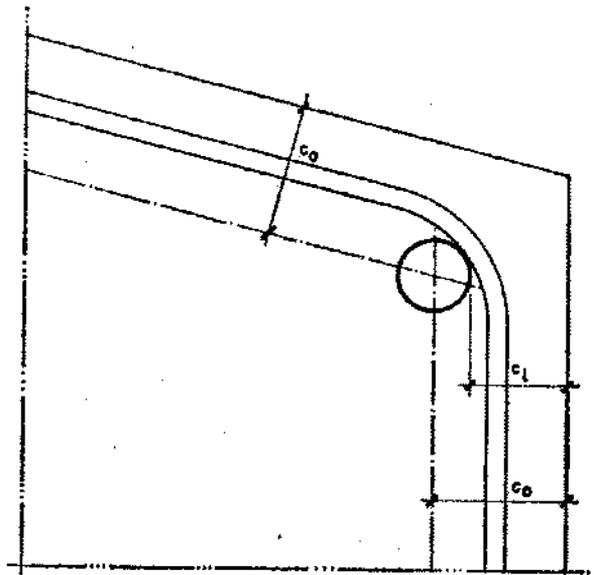
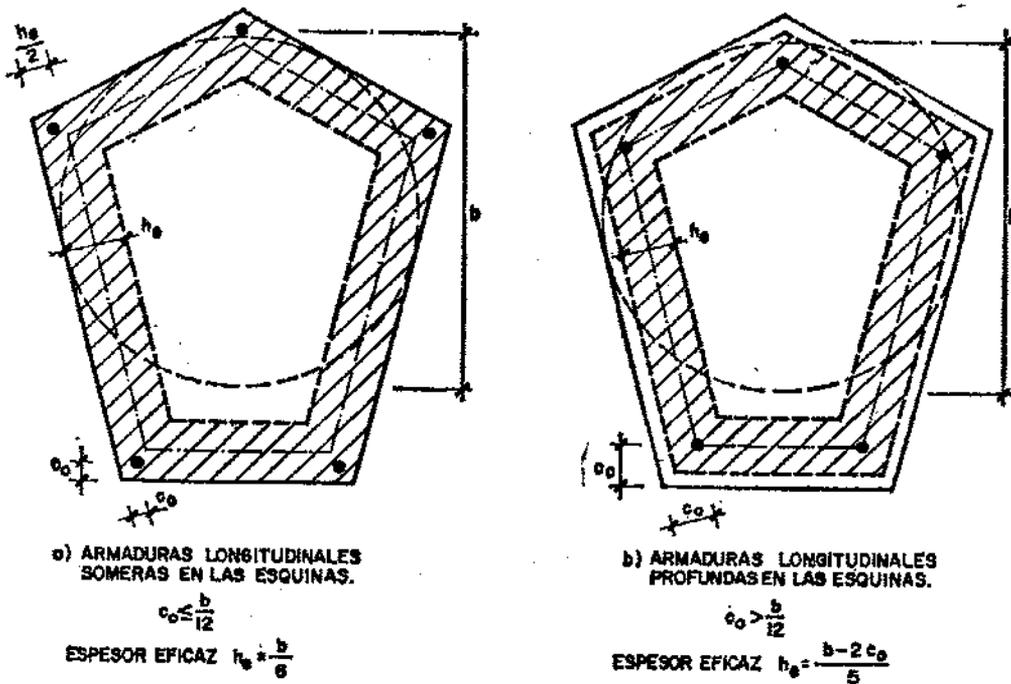


FIG. 48.2.1 RECUBRIMIENTO  $c_1$  DE LA ARMADURA LONGITUDINAL Y DISTANCIA  $c_0$  DEL CENTRO DE LA ARMADURA AL PARAMENTO MAS PROXIMO.



a) ARMADURAS LONGITUDINALES SOMERAS EN LAS ESQUINAS.

$$c_0 \leq \frac{b}{12}$$

$$\text{ESPESOR EFICAZ } h_e = \frac{b}{6}$$

b) ARMADURAS LONGITUDINALES PROFUNDAS EN LAS ESQUINAS.

$$c_0 > \frac{b}{12}$$

$$\text{ESPESOR EFICAZ } h_e = \frac{b - 2c_0}{5}$$

FIG. 48.2.2

SECCION MACIZA CONVEXA

DEFINICION DE SU SECCION HUECA EFICAZ

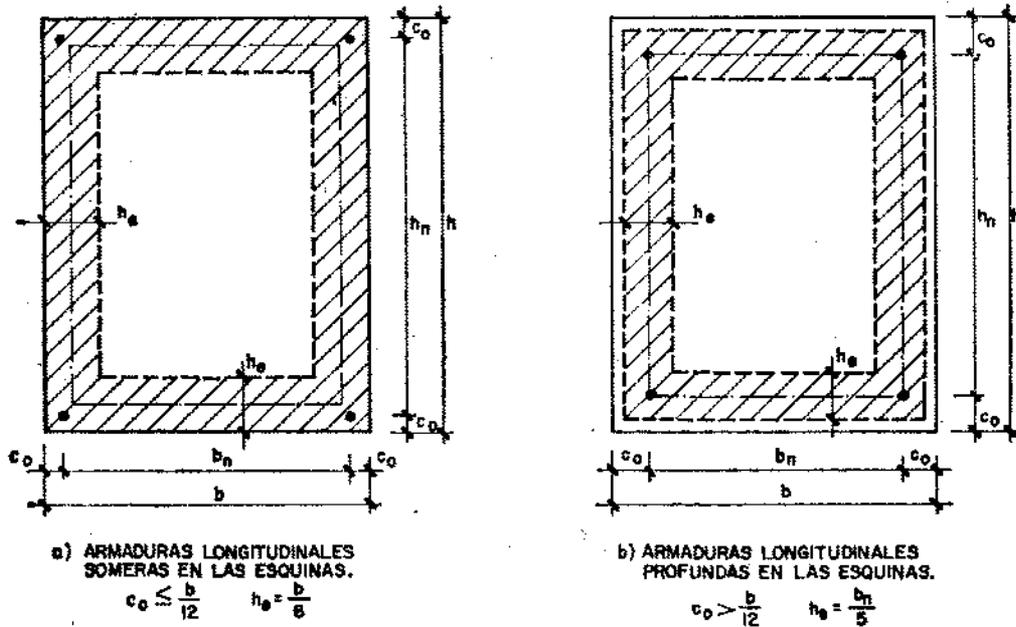


FIG. 49.2.3 SECCION HUECA EFICAZ DEFINIDA EN LA SECCION RECTANGULAR

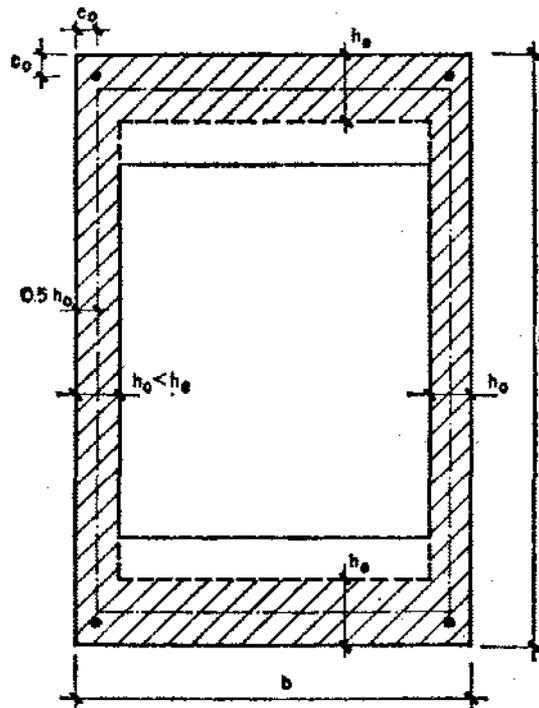


FIG. 48.2.4 SECCION HUECA CONVEXA

48.2.3. Comprobaciones relativas al hormigón

En una pieza de sección convexa maciza, cuyos ángulos sean superiores a 60° (fig. 48.2.2), se define una sección hueca eficaz, de espesor uniforme  $h_e$ , dado por:

$$h_e = \frac{b - 2c_0}{5} > \frac{b}{5}$$

en donde es:]

- b = diámetro de la mayor circunferencia inscritible en la sección. Si la sección es rectangular (fig. 48.2.3), «b» es su lado mínimo;
- $c_0$  = distancia del centro de la armadura longitudinal al parámetro más próximo;
- y cuyo contorno medio está constituido por líneas paralelas

a las del contorno exterior de la sección, a la distancia  $\frac{h_e}{2}$  (fig. 48.2.2.a), o  $c_0$  si fuese  $c_0 > \frac{h_e}{2}$  (fig. 48.2.2.b).

La condición de agotamiento por compresión del hormigón es:

$$T_d \leq T_{u1} = 0,36 f_{cd} \cdot A_e \cdot h_e \text{ con } 0,36 f_{cd} > 90 \text{ kp/cm}^2$$

siendo:

- $T_d$  = momento torsor de cálculo en la sección;
- $T_{u1}$  = momento torsor de agotamiento por compresión del hormigón;
- $A_e$  = área envuelta por el contorno medio de la sección hueca eficaz;
- $h_e$  = espesor eficaz.

En una pieza de sección convexa hueca, la sección hueca eficaz se define del mismo modo anterior. Si la sección tiene una o más paredes cuyo espesor  $h_e$  sea menor que  $h_e$  (fig. 48.2.4), la sección hueca eficaz tendrá en ellas espesor  $h_e$  y su perímetro medio estará en ellas a la distancia  $0,5 h_e$  del perímetro exterior. En la condición de agotamiento se sustituye en este caso  $h_e$  por el mínimo  $h_e$  de la sección.

COMENTARIOS

Sección convexa es aquella en que la tangente en cualquier punto de su contorno exterior deja toda la sección a un mismo lado.

En el agotamiento a torsión de una pieza de hormigón armado o pretensado se producen fisuras y bielas comprimidas de hormigón entre ellas, contribuyendo solamente el hormigón incluido en la sección eficaz, como se ha puesto de manifiesto en ensayos comparativos de piezas macizas y huecas.

La tensión tangencial aparente que corresponde a la condición de agotamiento tiene el valor:

$$0,18 f_{cd} > 45 \text{ kp/cm}^2$$

que concuerda con la obtenida en ensayos efectuados sobre piezas muy armadas.

Si en una sección un ángulo del contorno exterior es de  $60^\circ$  o menos puede tomarse como sección hueca eficaz la de contorno circular tangente de diámetro «b» y de espesor «h».

En secciones huecas de gran tamaño, la armadura longitudinal debe distribuirse entre la cara exterior y la interior de las paredes, para evitar fisuraciones.

En una pieza de sección no convexa, maciza o hueca, que pueda descomponerse en rectángulos, se determinará en cada rectángulo el espesor eficaz, según se ha indicado. Con éstos se forma la sección hueca eficaz, suprimiendo los elementos de pared que no siguen el contorno exterior. Cada rectángulo se considerará con una longitud máxima  $h = 3b$ , despreciando el resto si es mayor.

En las secciones no convexas, la contribución de las partes salientes de pequeño espesor eficaz es, en general, escasa, e incluso puede ocurrir que el producto  $A_e \cdot h_e$  sea mayor al no considerar alguna parte saliente, en cuyo caso es lícito no tomarla en consideración.

48.2.3. Comprobaciones relativas a la armadura

La condición de agotamiento por tracción de la armadura transversal es:

$$T_d \leq T_{u2} = \frac{2A_e A_t}{s} f_{td}$$

en donde:

- $T_d$  = momento torsor de cálculo;
- $T_{u2}$  = momento torsor de agotamiento por tracción de la armadura transversal;
- $A_e$  = área envuelta por el contorno medio de la sección hueca eficaz;
- $A_t$  = área de la sección de una de las barras, de los cercos o de la malla, que constituyen la armadura transversal;
- $s$  = separación entre cercos o entre barras de la malla;
- $f_{td}$  = resistencia de cálculo del acero de la armadura transversal ( $> 4.200 \text{ kp/cm}^2$ ).

La armadura longitudinal puede estar constituida por tendones pretensados que cumplan la condición  $f_{pr} - \sigma_p \approx f_t$  y por armaduras pasivas. La condición de agotamiento por tracción de la armadura longitudinal es:

$$T_d \leq T_{u3} = \frac{2A_e}{u} (A_{p1} \cdot f_{pd} + A_{p2} \cdot f_{pd})$$

en donde:

- $T_{u3}$  = momento torsor de agotamiento por tracción de la armadura longitudinal;
- $u$  = perímetro del contorno medio de la sección hueca eficaz;
- $A_{p1}$  = área de la sección de todos los tendones;
- $f_{pd}$  = resistencia de cálculo del acero de los tendones;
- $A_{p2}$  = área de la sección de todas las armaduras pasivas;
- $f_{pd}$  = resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva.

COMENTARIOS

Conviene recordar que para resistir la torsión solamente son efectivas las armaduras dispuestas junto a las caras de las piezas, no siendo conveniente que  $c_0$  sea superior a  $\frac{b}{6}$ , porque se reduce la eficacia de esta armadura y la del hormigón.

Las dos condiciones de agotamiento admiten que las bielas comprimidas del hormigón forman un ángulo de  $45^\circ$  con la directriz de la pieza, en cada una de las paredes de la sección hueca eficaz.

Si conviene adoptar la hipótesis de que forma un ángulo diferente de  $45^\circ$ , pero no menor de  $30^\circ$  ni mayor de  $60^\circ$ , los momentos torsores de agotamiento son:

$$T_{u3} = \frac{2A_e \cdot A_t}{s \operatorname{tg} \alpha} f_{td}$$

$$T_{u3} = \frac{2A_e \cdot \operatorname{tg} \alpha}{u} (A_{p1} f_{pd} + A_{p2} f_{pd})$$

En este caso, la tensión tangencial aparente (comentario 48.2.2) debe limitarse a:  $0,18 f_{cd} \operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha$  con  $0,18 f_{cd} > 45 \text{ kp/cm}^2$ .

48.2.4. Torsión y flexión

Si una sección sometida a torsión, con momento torsor de cálculo  $T_d$ , está, además, sometida a flexión, con esfuerzo cortante reducido  $V_{rd}$  (véase 48.1.3.2), la condición de agotamiento por compresión del hormigón es:

$$\frac{T_d}{T_{u1}} + \frac{V_{rd}}{V_{u2}} \leq 1$$

en donde:

- $T_{u1}$  = momento torsor de agotamiento por compresión del hormigón definido en 48.2.2.
- $V_{u2}$  = esfuerzo cortante de agotamiento por compresión del hormigón, definido en 48.1.3.4.2.

La armadura longitudinal se determina separadamente para el momento torsor y el momento flector, y se superponen, teniendo en cuenta que la de torsión debe distribuirse uniformemente en el contorno de la sección y la de flexión en la zona de tracción y, si se requiere, en la de compresión.

COMENTARIOS

La armadura longitudinal que así resulta queda del lado de la seguridad.

CAPITULO IX

Estado límite último de pandeo

ARTICULO 49. ESTADO LIMITE ULTIMO DE PANDEO

La comprobación a pandeo de piezas sometidas a una fuerza N de compresión centrada o excéntrica se realizará según el método expuesto en el artículo 40 de la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

De esta forma se comprobarán los elementos de estructuras en los que no se pueden desprestigiar los efectos de segundo orden.

La aplicación de este método se limita a soportes y a estructuras formadas por soportes y vigas, en las que se pueden desprestigiar los efectos de torsión.

#### COMENTARIOS

Las piezas susceptibles de presentar una inestabilidad de forma podrán comprobarse con el método descrito a continuación:

- La solicitación de cálculo obtenida a partir de las hipótesis de carga, definidas en el artículo 42, no superará la mitad de la solicitación última, valorada según se indica a continuación. Esta comprobación se realizará en todas las fases de construcción y de servicio.
- La solicitación última se valorará en la hipótesis de un comportamiento elástico y lineal de los materiales (carga crítica de EULER, considerando para el módulo de deformación longitudinal del hormigón los valores siguientes:

- En fase de servicio y bajo cargas de larga duración, se tomará:

$$E_{vj} = 8500 \sqrt{f_c}$$

( $E_{vj}$  y  $f_c$  están expresados en  $\text{kp/cm}^2$ .)

- En fase de servicio y bajo cargas de larga y corta duración se tomará:

$$E = \frac{S_L + S_C}{\frac{1}{E_{vj}} + \frac{1}{E_{ij}}}$$

siendo:

- $S_L$  = solicitación de cálculo bajo cargas de larga duración;
  - $S_C$  = solicitación de cálculo bajo cargas de corta duración;
  - $E_{vj}$  = módulo de deformación longitudinal diferido del hormigón =  $8500 \sqrt{f_c}$ ;
  - $E_{ij}$  = módulo de deformación longitudinal instantánea del hormigón =  $21000 \sqrt{f_c}$ ;
- En fase de construcción un módulo intermedio entre  $E_{vj}$  y  $E_{ij}$ , habida cuenta del periodo de tiempo de aplicación de la carga (se tomará  $E_{vj}$  cuando la carga esté aplicada un mínimo de 24 horas).

El método indicado tiene carácter general y es aplicable, en particular, al pandeo lateral de vigas prefabricadas antes de la solidarización entre ellas mismas o con el resto de la estructura.

Este método de cálculo corresponde a pandeo en régimen elástico. Cuando se prevea la posibilidad de pandeo en régimen plástico se realizarán las comprobaciones oportunas.

### CAPITULO X

#### Cálculos relativos a los estados límites de fisuración

#### ARTICULO 50. OBTENCION DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES

##### 50.1. Consideraciones generales

A efectos de las comprobaciones relativas a los estados límites de fisuración, los efectos de las acciones están constituidos por las tensiones,  $\sigma$ , y las aberturas máximas de fisuras,  $w$ , en su caso, que aquéllas ocasionan en las secciones de una pieza.

En general, tanto  $\sigma$  como  $w$  se deducen a partir de las acciones de cálculo (que en este caso son iguales a las características) de acuerdo con las hipótesis de carga indicadas en el artículo 42 para los estados límites de utilización.

Las solicitaciones se obtendrán a partir de las acciones según lo expuesto en 50.2, 50.3 y 50.4, y las tensiones o aberturas de fisuras según las prescripciones de 51.4, 51.5 y 51.6, si se trata de solicitaciones normales; del artículo 52 para esfuerzos cortantes, y del artículo 53 para esfuerzos de torsión.

#### COMENTARIOS

En el artículo 42 se establece que las acciones de cálculo se deducen de las características con  $\gamma_f = 1$ . No obstante en clase I, el proyectista podrá, en casos especiales, aumentar, a su criterio, el valor de  $\gamma_f$ .

##### 50.2. Acciones directas

Como norma general, la determinación de las solicitaciones se efectuará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados con las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad, considerando los elementos de la estructura con la sección bruta definida en 51.2.2. Se admite la obtención de solicitaciones por métodos no elásticos para las estructuras proyectadas en clase III, siempre que se estudie con cuidado sus condiciones de fisuración.

A los efectos de 51.4, 51.5 y 51.6 conviene separar los efectos de las cargas permanentes de los producidos por las variables; así como en el caso de armaduras activas postesas, los efectos de las acciones aplicadas antes de la inyección de los conductos de pretensado de los producidos por el resto de las acciones.

#### COMENTARIOS

##### 50.3. Acciones indirectas

Las solicitaciones debidas a deformaciones impuestas se calcularán en el supuesto de comportamiento elástico de los materiales o, si ha lugar, teniendo en cuenta deformaciones no lineales producidas por la fisuración, si la estructura se proyecta en clase III.

#### COMENTARIOS

En general, para el cálculo de las solicitaciones producidas por deformaciones impuestas puede desprestigiar el efecto de redistribución producido por la fisuración y realizar todos los cálculos en el supuesto de régimen elástico. En particular, en las estructuras proyectadas en clase I no se permite, a efectos de los cálculos relativos a los estados límites de fisuración, considerar redistribuciones de esfuerzos respecto a los que se deducen por métodos elásticos.

##### 50.4. Acciones debidas al pretensado

Las solicitaciones producidas por el pretensado están constituidas por los esfuerzos que las acciones del pretensado (véase 37.3) producen sobre las secciones del hormigón, excepción hecha de la propia armadura activa, y teniendo en cuenta, en cada fase, el valor real de la fuerza de pretensado. Estas solicitaciones se calcularán a partir de los principios de la mecánica racional, complementados con las teorías de la resistencia de materiales y de la elasticidad, considerando los elementos de la estructura con la sección bruta definida en 51.2.2.

A los efectos de 51.4, 51.5 y 51.6, las acciones debidas al pretensado se obtendrán a partir de los valores de la fuerza de pretensado que se indican a continuación:

- Para armaduras postesas, la fuerza inicial de pretensado será igual a la que resulte, en cada sección, una vez finalizadas las operaciones de tesado; antes, por tanto, de inyectadas las vainas correspondientes.
- Para armaduras pretesas podrá seguirse uno de los dos procedimientos indicados a continuación:

- la fuerza inicial de pretensado es igual a la aplicada a las armaduras al tesarlas sobre la bancada, antes de proceder al destesado y corte de las mismas;
- la fuerza inicial de pretensado es igual a la que resulta en las armaduras activas después de proceder al destesado y corte de las mismas, en el supuesto de actuación aislada de las acciones debidas al pretensado.

#### COMENTARIOS

Siguiendo las indicaciones dadas en 51.4 a 51.6, los efectos de las acciones ( $\sigma$  y  $w$ ) quedan correctamente resueltos si las solicitaciones, obtenidas según se ha expuesto en el articulado, se aplican a las secciones allí indicadas.

En general, para elementos con armadura pretesa es más práctico utilizar el método indicado en a) para el cálculo de las solicitaciones. El conocimiento de la fuerza real de pretensado, una vez cortadas las armaduras, es necesario solamente a efectos de un cálculo correcto de las pérdidas por relajación, admitiéndose calcularlas de forma aproximada, ligeramente por exceso, a partir del valor de la tensión inicial en bancada.

## ARTICULO 51. FISURACION POR SOLICITACIONES NORMALES

## 51.1. Consideraciones generales

Las comprobaciones correspondientes a los estados límites relativos a la fisuración bajo solicitaciones normales habrán de plantearse de acuerdo con lo indicado en el 40.3 y tienen por objeto que el comportamiento de la estructura en relación con la fisuración se ajuste a lo allí expuesto. Una vez obtenidas las solicitaciones según lo especificado en el artículo 50, las tensiones o aberturas de fisuras se calcularán según se indica en 51.4, 51.5 y 51.8, a partir de las secciones relacionadas en 51.2.

## COMENTARIOS

## 51.2. Definición de la sección

## 51.2.1. Dimensiones de la sección

Para los cálculos correspondientes a los estados límites de fisuración, las secciones se considerarán con sus dimensiones reales en la fase analizada, de acuerdo con las prescripciones indicadas a continuación, cualquiera que sea la forma de la sección transversal de la pieza en estudio.

## COMENTARIOS

## 51.2.2. Sección bruta

Se entiende por sección bruta la que resulta de las dimensiones reales de la pieza, sin deducir los huecos correspondientes a las armaduras activas ni considerar el efecto de solidarización de las pasivas.

## COMENTARIOS

Véase el primer párrafo del comentario 51.2.3.

## 51.2.3. Sección neta

Se entiende por sección neta la obtenida a partir de la bruta, deduciendo los huecos longitudinales practicados en el hormigón (tales como entubaciones o entalladuras para el paso de las armaduras activas de piezas con armaduras postesas o de sus anclajes) y considerando el efecto de la solidarización de las armaduras pasivas, para lo que se escogerán los coeficientes de equivalencia de acuerdo con los criterios expuestos en 51.2.4.

## COMENTARIOS

Una armadura queda solidarizada al hormigón desde el momento en que, por adherencia, quedan impedidos los deslizamientos entre ambos materiales. El efecto de solidarización de una armadura con una sección de hormigón se tiene en cuenta, en el cálculo, sumando al área de esta última, la de la armadura, multiplicada por el coeficiente de equivalencia. Al hecho de considerar este efecto en el cálculo se llama «solidarizar una armadura».

Para determinar la deformabilidad de un elemento por flexo-compresión pueden considerarse las secciones sin deducción de huecos; por el contrario, para el cálculo de las tensiones soportadas por la sección será necesario deducir los huecos longitudinales, pudiendo desprejiciarse, en relación con los estados límites de fisuración por solicitaciones normales, el efecto de los taladros transversales, tales como los correspondientes al pretensado de almas, losas, etc. La precaución de deducir las secciones de las vainas tiene por objeto esencialmente el evitar excesos de compresión durante las operaciones de tesado en las zonas que rodean a las armaduras activas o a sus anclajes.

## 51.2.4. Sección homogeneizada

Se entiende por sección homogeneizada la que se obtiene a partir de la sección neta definida en 51.2.3, al considerar el efecto de solidarización de las armaduras longitudinales activas adherentes.

Esta solidarización se considerará efectiva a partir del momento en el que las armaduras de pretensado queden adheridas (por sí o por inyección) al hormigón y se asegure que no hay peligro de deslizamiento entre ambos.

Para el cálculo de estados límites que se alcanzan por la actuación de acciones de corta duración puede tomarse como coeficiente de equivalencia para las armaduras de pretensado u ordinarias, la relación del módulo de elasticidad del acero al módulo de deformación longitudinal instantáneo del hormigón. Para acciones de larga duración se tendrá en cuenta el comportamiento a fluencia del hormigón.

## COMENTARIOS

A título indicativo, bajo la acción de las cargas variables de corta duración, puede tenerse en cuenta la variación de tensión de las armaduras de pretensado, homogeneizando la sección con el valor  $n = 5$  del coeficiente de equivalencia, que corresponde sensiblemente a la relación de los dos módulos.

Para los cálculos correspondientes a cargas de larga duración, el valor  $n = 10$  constituye una buena media.

Se llama la atención sobre el carácter aproximado del cálculo del coeficiente de equivalencia a partir del módulo de deformación diferido. Este método no es correcto más que si la tensión en el hormigón se mantuviese constante.

Se recuerda que si existen armaduras activas no adherentes, éstas no pueden solidarizarse con el resto de la sección.

## 51.2.5. Sección eficaz

Se entiende por sección eficaz la formada por la zona comprimida del hormigón y las áreas de las armaduras longitudinales, tanto activas adherentes como pasivas, multiplicadas por el correspondiente coeficiente de equivalencia, de acuerdo con lo indicado en el apartado anterior.

## COMENTARIOS

Se recuerda que la posición de la fibra neutra en la sección eficaz se ha de calcular en el supuesto de comportamiento elástico del hormigón comprimido.

## 51.3. Cuantía mínima de armaduras longitudinales

En todas las clases, incluida la clase I, para prevenir el riesgo de fisuración por retracción antes de la aplicación del pretensado y para distribuir uniformemente eventuales tensiones de tracción, la cuantía geométrica de las armaduras pasivas más las pretesas adherentes, si existen, deberá ser, por lo menos, igual a 0,1 por 100 en el caso de losas y placas y 0,15 por 100 en el caso de vigas u otros elementos.

Esta armadura mínima se distribuirá adecuadamente por toda la sección. Se recomienda utilizar para la armadura pasiva barras corrugadas de pequeño diámetro.

## COMENTARIOS

## 51.4. Estado límite de descompresión

Los cálculos relativos al estado límite de descompresión consisten en la comprobación de que, bajo las solicitaciones más desfavorables deducidas según el artículo 50, no se alcanza la descompresión del hormigón en ninguna fibra de la sección.

Las tensiones se obtendrán a partir de las características mecánicas de las secciones que se indican a continuación:

## a) Solicitaciones producidas por acciones directas:

1. En elementos con armaduras pretesas adherentes, la sección homogeneizada.
2. En elementos con armaduras postesas adherentes:

- la sección neta, para todas las acciones aplicadas con anterioridad al establecimiento de la adherencia entre armaduras activas y hormigón;
- la sección homogeneizada, para el resto de las acciones.

3. En elementos con armaduras postesas no adherentes, siempre la sección neta.

b) Solicitaciones producidas por acciones indirectas:  
Es de aplicación lo indicado en a).

## c) Solicitaciones producidas por el pretensado:

1. En elementos con armaduras pretesas adherentes, si las acciones debidas al pretensado se obtienen según el supuesto a) de 50.4, las tensiones se deducirán a partir de las secciones homogeneizadas. En el supuesto b) del mismo apartado, las tensiones se deducirán a partir de las secciones netas.
2. En elementos con armaduras postesas adherentes, las tensiones producidas por las acciones debidas al pretensado inicial y a las pérdidas existentes antes de la

inyección se obtendrán a partir de las secciones netas; las producidas por las pérdidas que se ocasionan después de establecida la adherencia se obtendrán a partir de la sección homogeneizada. Por simplificación se admite deducir las tensiones debidas al pretensado y a todas sus pérdidas a partir solamente de la sección neta.

3. En elementos con armaduras postesas no adherentes, las tensiones debidas al pretensado se deducirán siempre a partir de las secciones netas.

#### COMENTARIOS

Normalmente, la comprobación en el estado límite de descompresión debe efectuarse, de acuerdo con 40.3, en clase I para todas las solicitaciones provocadas por la combinación más desfavorable de cargas permanentes y de cargas variables y en clase II para la combinación más desfavorable de las cargas permanentes y de las cargas variables frecuentes.

El cálculo equivale a comprobar que el centro de presión se mantiene en el interior del núcleo central.

#### 51.5. Estado límite de aparición de fisuras

A partir de las solicitaciones calculadas, según se indica en el artículo 50, las comprobaciones que deben realizarse válidas para las estructuras lineales y las planas con cargas normales a su plano medio (placas y losas) son las indicadas en 51.5.1 y 51.5.2. Para otros tipos de estructuras es de aplicación el 51.5.3.

#### COMENTARIOS

##### 51.5.1. Aparición de fisuras por tracción

Se comprobará que la tensión del hormigón en tracción, calculada en sección no fisurada en las mismas hipótesis expuestas en 51.4, está limitada a  $f_{ct,1}$  (véase 11.3).

Las armaduras, tanto pasivas como activas, adherentes pretesas, que habrá que disponer en la zona de tracción, deberán ser de pequeño diámetro y estar convenientemente repartidas para asegurar una distribución óptima de las eventuales fisuras, y sus secciones  $A_p$  y  $A_{ps}$ , expresadas en  $\text{cm}^2$ , cumplirán, en cualquier caso, la doble condición:

$$(A_p \cdot f_{pd} + A_{ps} \cdot f_{ps}) \geq \frac{20}{z} \cdot W$$

$$(A_p + A_{ps}) \geq \frac{A_{ct}}{200}$$

donde:

$z$  = brazo mecánico de las fuerzas elásticas (en  $\text{cm}$ );  
 $f_{pd}$  = resistencia de cálculo de la armadura pasiva (en  $\text{kp/cm}^2$ );  
 $f_{ps}$  = resistencia de cálculo de la armadura activa (en  $\text{kp/cm}^2$ );  
 $W$  = módulo resistente de la sección bruta de hormigón (en  $\text{cm}^3$ );  
 $A_{ct}$  = área de la zona de la sección de hormigón sometida a tracción (en  $\text{cm}^2$ ).

#### COMENTARIOS

La comprobación del estado límite de aparición de fisuras corresponde a las estructuras proyectadas en las clases II y III, según las indicaciones de 40.3.

Se recuerda que, en general, los valores de cálculo de las solicitaciones se obtienen con  $\gamma_t = 1$ . El pretensado se considerará con su valor ponderado correspondiente.

Se recuerda que la armadura mínima  $A_p$  no debe incluir, en ningún caso, tendones no adherentes, ya que la contribución de éstos en la limitación y distribución de la fisuración es prácticamente nula.

##### 51.5.2. Aparición de fisuras por compresión

El método propuesto consiste en comprobar que, bajo las solicitaciones máximas correspondientes a la fase en estudio, no se alcanzan en el hormigón tensiones de compresión capaces de producir su microfisuración longitudinal.

Las hipótesis de comprobación son las siguientes:

- el diagrama de tensiones-deformaciones del hormigón se supone rectilíneo;

— la tensión capaz de producir la microfisuración longitudinal del hormigón se toma igual a:

$$f_{ct,j} = \frac{f_{ct,1}}{1,8}$$

donde:

$f_{ct,j}$  = valor supuesto en el proyecto para la resistencia característica a  $j$  días (edad del hormigón en la fase considerada);

— las tensiones se calculan a partir de la sección neta.

Por lo que respecta a las acciones, las cargas permanentes deben calcularse adoptando los valores más bajos previsibles y la fuerza de pretensado, con su valor ponderado.

Esta comprobación exige de la del estado límite último de rotura, para la fase de construcción considerada, con acciones mínimas (véase 40.4).

#### COMENTARIOS

La comprobación propuesta permite llegar, con cargas correspondientes a las fases de construcción, a valores elevados de las compresiones en el hormigón. Para la estructura en servicio, tales compresiones, limitadas a través de cálculos correspondientes al estado límite de agotamiento por solicitaciones normales, son más reducidas. Ello es debido a que, en general, una rotura en fases de construcción es mucho menos peligrosa que en fase de servicio.

##### 51.5.3. Estructuras que no sean lineales ni superficiales planas

Para las estructuras o elementos estructurales, no formados por piezas lineales, ni por losas, ni por placas, a falta de estudios rigurosos sobre la formación de fisuras en tales estructuras, se recomienda proyectarlas de forma que las tensiones de tracción, calculadas en las hipótesis indicadas en los artículos 50 y 51, resulten siempre inferiores a  $15 \text{ kp/cm}^2$ .

#### COMENTARIOS

##### 51.6. Estado límite de fisuración controlada

Los cálculos relativos al estado límite de fisuración controlada (o abertura de fisuras) consisten en comprobar que las aberturas calculadas de las fisuras en los diversos elementos estructurales de la obra, bajo el efecto de las solicitaciones indicadas en el artículo 50, no sobrepasan los valores límites siguientes:

- $w_{lim} = 0,1 \text{ mm}$  en el caso de elementos estructurales expuestos a la intemperie, o interiores en atmósfera húmeda o medianamente agresiva, bien ventilada;
- $w_{lim} = 0,2 \text{ mm}$  en el caso de elementos estructurales interiores, en atmósfera normal.

A efectos de la comprobación del estado límite de fisuración controlada, las aberturas máximas de las fisuras se deducirán según las siguientes expresiones, válidas para barras corrugadas (no se recomienda la utilización de barras lisas):

- a) En el caso de cargas no repetidas o con pocas repeticiones:

$$w_{max} = (\Delta\sigma_s - 400) \cdot 10^{-4} \leq w_{lim}$$

- b) En caso de cargas repetidas más de un centenar de veces con su valor máximo:

$$w_{max} = \Delta\sigma_s \cdot 10^{-4} \leq w_{lim}$$

En estas expresiones:

$w_{max}$ ,  $w_{lim}$  = representan, respectivamente, la abertura máxima y la abertura límite de las fisuras, expresadas en  $\text{mm}$ ;

$\Delta\sigma_s$  = la variación de la tensión, expresada en  $\text{kp/cm}^2$ , de las armaduras de tracción a partir del estado de neutralización si se suponen actuando las solicitaciones de cálculo sobre la sección eficaz definida en 51.2.5 (ver figura 51.6).

LEY 3.- TENSIONES PRODUCIDAS SOBRE EL HORMIGON DE LA SECCION EFICAZ BAJO LA ACTUACION DE LAS SOLICITACIONES EXTERIORES Y  $P_n$  APLICADA COMO COMPRESION

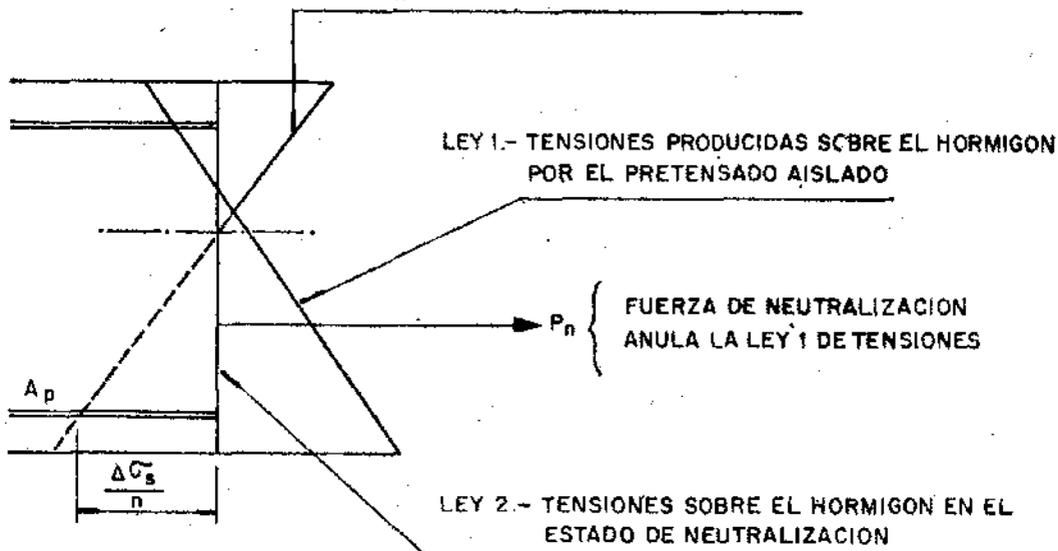


Fig. 51.6

En la zona de tracción deben disponerse siempre armaduras (barras corrugadas pasivas o activas adherentes pretesas) que satisfagan las prescripciones de 51.5.1.

COMENTARIOS

La comprobación relativa a los estados límites de abertura de fisuras es particularmente importante en el caso de estructuras hiperestáticas (vigas continuas, pórticos, placas, etc.), en las que los esfuerzos se hayan obtenido utilizando métodos de cálculo en los que tenga en cuenta el comportamiento plástico de los materiales o cuando se utilizan coeficientes de redistribución.

La comprobación en los estados límites de abertura de fisuras debe efectuarse, de acuerdo con 40.3, en clase III para todas las solicitaciones provocadas por la combinación más desfavorable de las cargas permanentes y las cargas variables. No se admite el proyecto de estructuras en clase III si éstas van a estar en ambiente agresivo o en el caso en que sean de temer fenómenos de fatiga.

Las limitaciones impuestas en clase III a la abertura de las fisuras y, conjuntamente, a la variación de la tensión en las armaduras, tienen en cuenta la imprecisión inevitable que, en presencia de una cuantía de acero ordinario mayor que en clase I y II, acompaña a la obtención del valor permanente de la fuerza de pretensado, así como los riesgos que de tal imprecisión se derivan: abertura prematura de fisuras, corrosión de las armaduras (en particular, de los aceros de pretensado), etc.

ARTICULO 52. LIMITACION DE LA FISURACION POR ESFUERZO CORTANTE

Cuando en estructuras proyectadas en clase I se desee limitar la probabilidad de aparición de fisuras de alma, se recomienda que la tensión principal de tracción  $\sigma_{1d}$  quede limitada a:

$$\sigma_{1d} \leq \frac{f_{ct}}{35}$$

disponiendo pretensado vertical, si ello es necesario.

Para los elementos proyectados en clases II o III, siempre que se desee evitar la abertura y extensión excesiva de las fisuras del alma, deben disponerse armaduras transversales formadas por redondos de pequeño diámetro, sensiblemente paralelos a la tensión principal de tracción, repartidos de forma regular y a distancias tan cortas como sea prácticamente posible.

COMENTARIOS

Se recuerda que, en general, la tensión  $\sigma_{1d}$  se obtendrá a partir de las acciones de cálculo con  $\gamma_2 = 1$  y el pretensado con su valor ponderado.

ARTICULO 53. LIMITACION DE LA FISURACION POR TORSION

Cuando la torsión sea una solicitación principal y el valor de  $T_d$  sea superior o igual a  $0.6 T_{d0}$ , siendo  $T_{d0}$  el menor de los valores de  $T_{d1}$  y  $T_{d2}$  (véase 48.2.3), se limitará la separación de armaduras transversales, a fin de controlar la fisuración al menor de los valores siguientes:

- la mitad de la menor dimensión transversal de la pieza;
- el tercio de la mayor dimensión transversal de la pieza;
- 20 cm.

COMENTARIOS

CAPITULO XI

Cálculo relativo al estado límite de deformación

ARTICULO 54. CONSIDERACIONES GENERALES

El estado límite de deformación, como estado límite de servicio, viene definido en 40.3 y los coeficientes de seguridad que para este estado deben adoptarse se indican en el artículo 41.

La comprobación del estado límite de deformación tendrá que realizarse en los casos en que las deformaciones puedan ocasionar la inutilización de la construcción, por razones funcionales, estéticas u otras.

El método de cálculo consiste en integrar las deformaciones debidas a las diferentes solicitaciones.

Para dicho cálculo deberán distinguirse en el elemento considerado las siguientes zonas:

- A. Zona no fisurada.
- B. Zona fisurada en la que las deformaciones del hormigón y el acero están en régimen elástico.
- C. Zona fisurada en la que las deformaciones del acero o del hormigón se sitúan fuera del régimen elástico.

El método general de cálculo propuesto para la comprobación del estado límite de deformación es aplicable solamente cuando en el elemento considerado no exista zona C.

COMENTARIOS

En el Capítulo VI se han establecido las bases generales de cálculo. En ellas se incluyen las relativas al estado límite de deformaciones. El presente artículo se refiere especialmente a los puntos más importantes de dicho capítulo.

El método general de cálculo que se prescribe en el artículo obliga a que, por ejemplo, las flechas debidas a flexión se obtengan por doble integración de la curvatura a lo largo de las piezas; las flechas debidas a esfuerzo cortante se calculen por simple integración de las distorsiones, etc.

ARTICULO 55. ELEMENTOS SOLICITADOS A FLEXION

Las piezas de hormigón pretensado se proyectarán con la rigidez necesaria para evitar que sus deformaciones puedan afectar al servicio que tales piezas deban rendir, impidiendo o dificultando su adecuada utilización en las condiciones previstas.

Las flechas debidas a flexión se deducirán a partir de la doble integración de las curvaturas a lo largo de la pieza, debiendo distinguirse, para su cálculo, si las cargas que las producen son de corta o larga duración, ya que en este último caso la fluencia del hormigón juega un papel importante.

Para el cálculo se adoptará, como módulo de deformación longitudinal del hormigón, el valor definido en 35.7.

COMENTARIOS

No es posible fijar, con toda generalidad, los valores máximos de las flechas admisibles, ya que dependen de la función que las piezas deban cumplir y, en consecuencia, pueden ser muy dispares, según dicha función.

En general, en el cálculo de flechas sólo se tendrán en cuenta las producidas por la flexión. En algún caso, sin embargo, pueden tener importancia las deformaciones producidas por el esfuerzo cortante, sobre todo en piezas con almas relativamente delgadas.

55.1. Cálculo de flechas bajo cargas de corta duración

La curvatura de las piezas o elementos estructurales en zona A, definida en el artículo 54, podrá suponerse igual a:

$$\chi = \frac{M}{E_c I}$$

siendo  $E_c$  el valor del módulo de deformación longitudinal secante definido en 35.7, y teniendo en cuenta que antes de establecer la adherencia de las armaduras activas, se tomarán como valores característicos de la sección los correspondientes a la sección bruta y los de la homogeneizada después de establecer dicha adherencia.

En zona B, caracterizada por la fisuración por tracción, deberá tenerse en cuenta la disminución de rigidez del elemento en dicha zona.

COMENTARIOS

El método general de cálculo de flechas debidas a flexión consiste en establecer la ley de variación de curvatura de la pieza, determinando la deformación por doble integración.

En la zona de la pieza no fisurada, o sea, en zona A, la relación momento-curvatura del articulado puede considerarse suficientemente aproximada. A este respecto se recuerda que en las estructuras o piezas en clase I y II, así como en las de clase III bajo cargas permanentes, no hay fisuración. Solamente en las estructuras en clase III sometidas a cargas variables se admite la fisuración; en este caso, que da lugar a la zona B, la fisuración disminuye la rigidez del elemento, aumentando, por tanto, la curvatura.

La separación de ambas zonas viene definida por la sección en la que se verifica que la tensión de tracción del hormigón en la fibra extrema alcanza la resistencia característica a tracción. En la zona de la pieza fisurada, la contribución del hormigón en tracción, entre fisuras, da lugar a un aumento de la rigidez sobre la teórica que se obtiene en la hipótesis de contribución nula del hormigón en tracción. En este caso teórico, la curvatura puede determinarse de la siguiente forma:

$$\chi = \frac{\sigma_c}{X E_c}$$

siendo  $\sigma_c$  la tensión de compresión en la fibra extrema de la sección y X la profundidad de la fibra neutra.

En dicha zona B, la curvatura real es superior al valor deducido de esta última expresión. Sin embargo, la contribución del hormigón en tracción puede venir disminuida por el efecto de las acciones repetidas y de valor elevado, lo que puede dar lugar a un aumento de las flechas.

Se recuerda también la influencia que a todos los efectos puede dar lugar al fenómeno de la retracción del hormigón, sobre todo en el caso de fuertes disimetrías de las armaduras longitudinales o por gradientes de retracción entre diferentes partes de la pieza.

55.2. Cálculo de flechas bajo cargas de larga duración

Puede admitirse que la curvatura de las piezas o elementos de la estructura bajo cargas de larga duración es proporcional a la producida por esas mismas cargas, supuestas de corta duración.

COMENTARIOS

Debido al fenómeno de fluencia del hormigón, las deformaciones pueden aumentar considerablemente bajo cargas de larga duración.

En general, resulta suficientemente aproximado suponer que las flechas bajo cargas de larga duración son proporcionales a las producidas por esas mismas cargas, supuestas de corta duración, pudiéndose adoptar como orden de valores de los factores de proporcionalidad los siguientes:

- a) Para las cargas aplicadas desde el momento en que se termine la construcción;
  - en climas húmedos y suaves: 2;
  - en climas secos: 3.

Estos valores pueden reducirse a 1,5 y 2, respectivamente, si las cargas comienzan a actuar transcurridos seis meses como mínimo desde la fecha de terminación del hormigonado de la pieza.

- b) En caso de que exista armadura de compresión pueden reducirse los valores antes citados.

ARTICULO 56. ELEMENTOS SOLICITADOS A TORSION

El giro de las piezas o elementos lineales sometidos a torsión podrá deducirse por integración de los giros por unidad de longitud deducidos de la expresión:

$$\theta = \frac{T_d}{0,3 E_c I_T}$$

siendo  $E_c$  el módulo de deformación longitudinal secante definido en el artículo 35.7 e  $I_T$  el momento de inercia de torsión de la sección bruta de hormigón.

Una vez fisurada la pieza, la rigidez a torsión disminuye considerablemente, pudiéndose adoptar como denominador de la expresión anterior el valor de  $0,10 E_c I_T$ .

Bajo cargas de larga duración puede admitirse que los giros por unidad de longitud son proporcionales a los producidos por esas mismas cargas, supuestas, de corta duración.

CAPITULO XII

Zonas de anclaje

ARTICULO 57. GENERALIDADES

En las zonas de anclaje de las armaduras activas no son de aplicación para el cálculo de tensiones las hipótesis de la resistencia de materiales.

Si se trata de piezas, tales como vigas, en cuyos extremos pueden combinarse los esfuerzos debidos a los anclajes y los producidos por las reacciones de apoyo y esfuerzo cortante, es necesario considerar dicha combinación teniendo en cuenta, además, que en el caso de armaduras pretensas el pretensado produce su efecto total solamente a partir de la longitud de transmisión.

En lo que sigue se consideran aisladamente los efectos debidos a los anclajes de las armaduras activas.

COMENTARIOS

57.1. Armaduras pretensas

Cuando el pretensado se transmite por adherencia sólo podrá emplearse el tipo de acero de pretensado que haya demostrado tener, en ensayos previos, una buena adherencia con el hormigón, debiendo poseer este último, en el momento de destensado, una resistencia característica igual o superior a 250 kp/cm<sup>2</sup>.

En la zona de anclaje es preceptiva, salvo justificación experimental, la colocación de estribos que aseguren una buena transmisión de esfuerzos previstos para absorber las tensiones de tracción, evitando el riesgo de fisuración en aquella zona.

COMENTARIOS

En la zona de anclaje pueden producirse tensiones de tracción importantes, con riesgo de fisuración. Por ello se prescribe

disponer estribos en dicha zona y se recomienda que el primer estribo esté situado lo más próximo posible al extremo de la pieza y se calculen para soportar, al menos, el 4 por 100 de la fuerza máxima total del pretensado y se distribuyan en una longitud igual a  $h/4$  a partir del extremo de la pieza, siendo  $h$  el canto total o dimensión máxima de la sección; dicha armadura deberá prolongarse, en menor cuantía, más allá de dicha longitud y al menos en una distancia igual a  $h$ .

57.2. Armaduras postesas

a) En las cabezas de anclaje se incluirán los dispositivos necesarios de forma que se asegure la eficacia del anclaje y la integridad local del hormigón afectado por el mismo.

Caso de no disponer dichas cabezas de anclaje de dispositivos propios, especialmente diseñados, se dispondrán zunchos o parrillas en las proximidades de la superficie de la pieza para evitar fisuras superficiales y desprendimientos de lajas de hormigón.

Dichas armaduras deberán ser corrugadas y se dimensionarán para soportar un esfuerzo mínimo, en cada dirección, de valor igual a  $0,04 P_s$ ; debiendo limitarse a valores relativamente bajos las tensiones de servicio del acero (no superiores a  $2.000 \text{ kp/cm}^2$ ).

La máxima tensión de compresión admisible bajo el anclaje puede basarse en la experimentación, siempre que se apoye en un gran número de ensayos y el resultado no ofrezca dudas.

Si no se dispone de dicha experimentación y se utilizan placas de reparto suficientemente rígidas para que su deformación propia pueda considerarse despreciable o se trata de la superficie de apoyo directo del anclaje sin placa de reparto, la tensión de compresión, calculada con la fuerza de pretensado  $P_s$ , no será superior al valor siguiente:

$$0,6 f_{c0} \sqrt{\frac{A_s}{A_c}} > f_{c0}$$

en la cual:

$A_c$  = área de la superficie de apoyo de la placa de reparto o del anclaje directo;

$A_s$  = área máxima de la superficie de la pieza, geoméricamente semejante y concéntrica con la placa de reparto o con el anclaje directo.

La citada tensión sólo podrá considerarse como admisible si se cumplen las dos condiciones siguientes:

- Alrededor de la superficie de contacto se dispone una banda de hormigón no sometida a cargas, cuya anchura es al menos igual a  $1/4$  de la menor dimensión de dicha superficie de contacto.
- Se dispone una armadura pasiva local, suficiente para resistir las tensiones principales de tracción originadas en el hormigón.

De forma temporal puede admitirse que la tensión de compresión supere en un 25 por 100 el valor máximo antes citado.

Si el anclaje activo se encuentra embebido en el hormigón, las tensiones máximas admisibles antes indicadas se pueden superar siempre que se demuestre que una parte de la fuerza de pretensado se transmite por las superficies laterales del anclaje y se asegure la integridad del hormigón que rodea dicho anclaje.

b) En la zona de distribución de fuerzas concentradas aparecen, en general, tensiones de tracción elevadas, debiendo limitarse el valor de las mismas a fin de evitar la posible fisuración. En caso necesario deberán aumentarse las dimensiones transversales de la pieza, especialmente si se trata de unidades de tensión relativamente potentes.

Se admite que a partir de cierta distancia  $h$  de la cara extrema, la distribución de tensiones es uniforme. La distancia  $h$  se supone igual a la mayor dimensión de la sección transversal de la pieza.

Para el cálculo de tensiones puede recurrirse a la teoría de la elasticidad o resultados de estudios experimentales.

A falta de un cálculo más preciso puede suponerse que la fuerza transversal de tracción  $N_s$  viene dada por la expresión: donde:

$$N_s = \alpha V_s$$

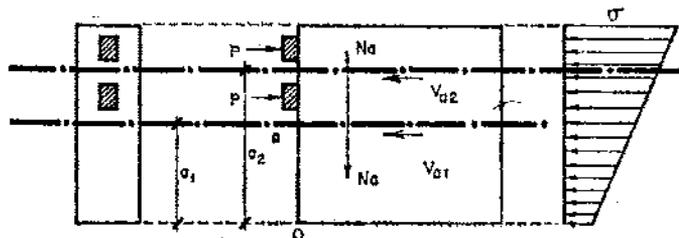
$V_s$  = esfuerzo tangente máximo sobre una sección longitudinal a la distancia  $a$  del borde. Los valores de  $V_s$  en distintos casos, se indican en la figura 57.2;

$A$  = área de la sección extrema;

$\alpha$  = coeficiente cuyo valor varía entre:

0,3 cuando la fuerza concentrada actúa en las proximidades de un borde de la cara extrema;

0,5 cuando la fuerza concentrada actúa en el centro de esta cara.



$$V_{a1} = \int_0^{P_1} \sigma \cdot dA$$

$$V_{a2} = \int_0^{P_2} \sigma \cdot dA - P$$

Fig. 57.2

Las armaduras complementarias para equilibrar dicha fuerza deberán ser corrugadas, limitándose las tensiones de cálculo a valores relativamente bajos y no superiores a  $2.000 \text{ kp/cm}^2$ . Se repartirán en las zonas de tracción y se anclarán correctamente, disponiéndose una cuantía mínima no inferior al 0,3 por 100. Estas armaduras pueden también sustituirse por un pretensado transversal.

La disposición de armaduras tanto activas como pasivas debe permitir, en todo caso, una correcta ejecución del hormigón, debiéndose ampliar las dimensiones de las zonas de anclaje si fuera necesario, sobre todo cuando se trate de piezas esbeltas y se utilicen tendones de gran potencia.

COMENTARIOS

Dentro de la zona general afectada por los anclajes de pretensado se pueden distinguir:

- Zona más directamente en contacto con los anclajes de las armaduras postesas, cuya disposición y elementos accesorios deberán ser facilitados por el suministrador del sistema de pretensado.
- Zona de distribución de las fuerzas concentradas o volúmenes afectados por dicha distribución espacial, cuyas dimensiones, esfuerzos y armaduras deben incluirse en el proyecto de la pieza.

En el articulado se incluye un procedimiento de cálculo de fuerza transversal de tracción en el caso más frecuente de pretensado en extremo de pieza de sección uniforme.

En los casos de cambios de sección, anclajes intermedios, vigas de sección no rectangular, esquinas de las zonas de anclaje, etc. conviene tomar las medidas oportunas para evitar la fisuración local, adoptando los dispositivos y armaduras convenientes.

En cualquier caso es aconsejable disponer armadura en exceso en los puntos singulares ya citados, cuya repercusión económica no es grande y cuyo aquilataamiento puede aumentar la probabilidad de que se presenten problemas de difícil y costosa solución.

CAPITULO XIII

Elementos estructurales

ARTICULO 56. FORJADOS DE EDIFICACION UNIDIRECCIONALES CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGON PRETENSADO

56.1. Tipos de forjados

Se refiere este Capítulo a los forjados para pisos o cubiertas de edificación construidos con elementos prefabricados de hormigón pretensado. Pueden ser de los tipos que a continuación se indican;

## a) Forjados de viguetas

Están constituidos por viguetas prefabricadas de hormigón pretensado con armaduras pretesas y entrevigado (fig. 58.1.a).

## b) Forjados de viguetas adosadas

Están constituidos por viguetas de sección hueca o abierta, de hormigón pretensado con armaduras pretesas, que se colocan adosadas unidas mediante hormigón en relleno de ranuras y losa superior (fig. 58.1.b).

## c) Forjados de semiviguetas

Están constituidos por semiviguetas prefabricadas de hormigón pretensado con armaduras pretesas, que se complementan con piezas resistentes o aligerantes, armaduras pasivas en los apoyos, armaduras de reparto y zonas hormigonadas «in situ» (figura 58.1.c).

## COMENTARIOS

Vigueta es un elemento prefabricado autorresistente, es decir, capaz de resistir por sí solo, en dirección del vano del forjado, la totalidad de cargas que reciba éste.

Semivigueta es un elemento prefabricado semirresistente, es decir, proyectado para resistir, en colaboración con hormigón que se vierte «in situ» y a veces piezas resistentes, la totalidad de las cargas del forjado.

Las semiviguetas deben resistir las cargas de ejecución del forjado, con toda su luz, o reduciendo ésta mediante apuntalado, que la divida en dos o más partes, teniendo en cuenta las nuevas condiciones de trabajo.

Este capítulo se refiere sólo a viguetas y semiviguetas de hormigón pretensado, con armaduras pretesas ancladas por adherencia.

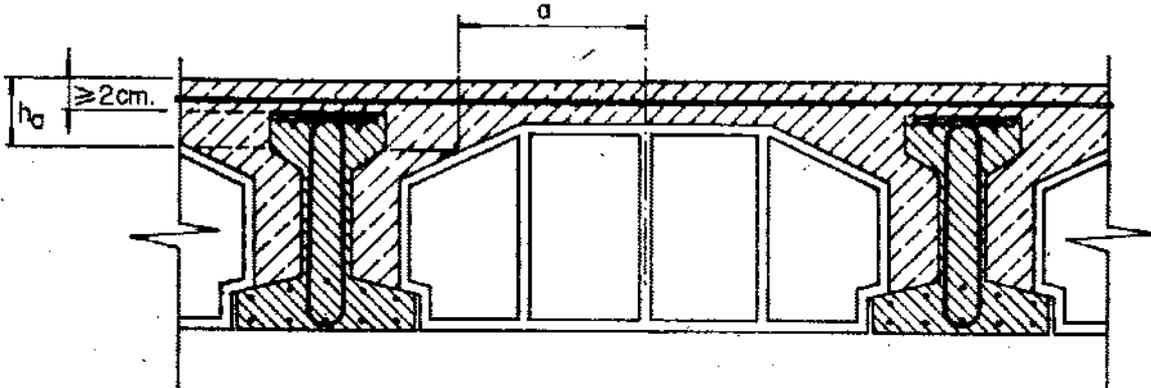


Fig. 58.1.a.—Forjado de viguetas

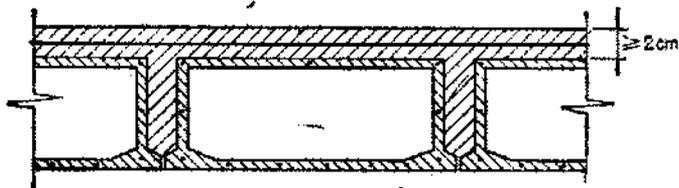


Fig. 58.1.b.—Forjado de viguetas adosadas

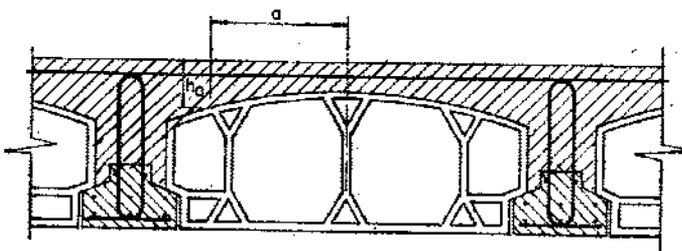


Fig. 58.1.c.—Forjado de semiviguetas

## 58.1. Condiciones para las viguetas y semiviguetas

Las viguetas y semiviguetas de hormigón pretensado cumplirán las siguientes condiciones:

## Armaduras activas

Estarán constituidas por alambres que cumplan las condiciones de 13.3 y cuyas características adherentes lo confieran una longitud de anclaje (véase 13.7) inferior a 100 veces su diámetro; o por torzales que cumplan las condiciones de 13.5 y cuyas características adherentes le confieran una longitud de anclaje inferior a 150 veces el diámetro de los alambres del torzal.

## Armaduras pasivas

Las barras utilizadas para estribos, o eventualmente otras misiones, cumplirán las condiciones del artículo 12. También

podrán utilizarse como estribos los alambres y barras de pretensado que cumplan las condiciones del artículo 13.

## Cuantía mínima

La cuantía mínima de la armadura longitudinal en viguetas y semiviguetas (véase 51.3) será de 0,15 por 100.

## Armadura transversal

Las viguetas tendrán armadura transversal de alma que cumpla las condiciones del 48.1.3.5.1. En las semiviguetas sólo se exige armadura transversal cuando sea necesaria según 58.5.

## Hormigón

El hormigón empleado en la fabricación cumplirá las condiciones exigidas en el artículo 11. La resistencia de proyecto a compresión del hormigón a la edad de 28 días no será inferior a 350 kp/cm<sup>2</sup> y a la edad del destesado de las armaduras no será inferior a 250 kp/cm<sup>2</sup>.

## Condiciones de cálculo

Las viguetas y semiviguetas se proyectarán para que al destesar se comporten en clase I (art. 4.º y 40.3), es decir, no se alcance el límite de descompresión. Cuando formen parte del forjado pueden, en general, comportarse en clase III (véase 40.3), a menos que se exija por razones de durabilidad u otras causas que lo hagan en clase II o clase I.

## Garantía y marcas

Toda vigueta o semivigueta llevará indeleblemente marcado en sitio visible un símbolo que permita identificar los siguientes datos: fabricante, modelo, tipo y fecha de fabricación. El fabricante garantizará que las características del producto servido cumplen lo que especifica la ficha de características técnicas de los correspondientes modelo y tipo.

## Instalaciones de fabricación

Las viguetas y semiviguetas se fabricarán en instalaciones industriales que reúnan las condiciones exigidas en las disposiciones del Ministerio de Industria, ajustándose a los datos de la ficha de características técnicas objeto de la autorización de uso del Ministerio de la Vivienda.

## COMENTARIOS

La longitud de anclaje de alambres o torzalos a que se hace referencia en el presente articulado vendrá indicada por el fabricante y determinada mediante ensayos realizados con el método indicado en el Anexo 3, utilizando hormigón de resistencia de proyecto de 250 kp/cm<sup>2</sup>, que es la mínima exigida al hormigón en la edad de destosado.

La exigencia de comportamiento de clase I al destosar se justifica por los esfuerzos accidentales que las viguetas experimentan durante el transporte y puesta en obra.

Se recomienda que la resistencia de proyecto a tracción del hormigón, a la edad de 28 días, medida en ensayo brasileño, no sea inferior a 30 kp/cm<sup>2</sup>.

Las disposiciones sobre la fabricación de las viguetas y semiviguetas pretensadas se encuentran en el Decreto 124/1966, de 20 de enero («BOE» de 31-1-66), y la Resolución de 31 de octubre de 1966 («BOE» de 9-11-66), y las relativas a la ficha de características técnicas en el citado Decreto y la Orden de 25 de febrero de 1966 («BOE» de 9-3-66).

La exigencia de las marcas permite reconocer que los elementos prefabricados que llegan a obra corresponden a lo que figura en el proyecto y el fabricante que garantiza sus características, según el citado Decreto. Cuando se empleen alambres o barras de pretensado como estribos debe tenerse en cuenta la limitación del 48.1.2, de que  $f_{sd} > 4.200 \text{ kp/cm}^2$ .

## 58.3. Condiciones para las piezas de entrevigado

Las piezas de entrevigado para forjados pueden ser aligerantes o resistentes.

## Piezas aligerantes

Pueden fabricarse de cerámica, mortero de cemento, fibra de madera aglomerada, plástico u otro material suficientemente rígido, que no produzca daños al hormigón ni a las armaduras. La carga de rotura característica en vano de las piezas será igual o mayor que 100 kp. En el cálculo se considera que no forman parte de la sección resistente del forjado.

## Piezas resistentes

Pueden fabricarse de cerámica o de hormigón y su resistencia característica a compresión será igual o mayor que 160 kp/cm<sup>2</sup> y que la resistencia característica del hormigón «in situ» empleado en el forjado. Su carga de rotura característica en vano no será inferior a 100 kp.

En el cálculo puede considerarse que forman parte de la sección resistente del forjado en las condiciones de 58.5.

## Determinación de la carga de rotura característica

La carga de rotura característica en vano se determina sobre seis o más piezas enteras, después de 24 horas de inmersión en agua. La pieza se coloca con entrega de 1 cm sobre dos tabloncillos paralelos y se aplica en el centro del vano, hasta rotura, la carga sobre un tabloncillo de 5 cm de anchura. Se obtiene el valor característico de los resultados aplicando la fórmula del estimador de 66.3.

## Determinación de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión del material de la pieza se determina en dirección paralela a los huecos, sobre seis o más probetas de pieza entera o parte de pieza representativa obtenida por corte con disco. La altura de la probeta será igual o mayor que la menor de las dos dimensiones de la sección transversal de la probeta. Las caras de presión se refrentarán adecuadamente con pasta de azufre u otro sistema. Se ensayarán después de 24 horas de inmersión en agua. La tensión de rotura se referirá a la sección neta de la probeta y se obtendrá el valor característico de los resultados aplicando la fórmula del estimador de 66.3.

## COMENTARIOS

Las piezas aligerantes, empleadas en los forjados como entrevigado, y las piezas resistentes tienen que cumplir la condición impuesta a su carga de rotura característica en vano para soportar con suficiente seguridad las cargas que reciban durante la ejecución del forjado.

El material de las piezas resistentes debe además tener una resistencia suficiente para colaborar con el hormigón en la forma indicada en 58.5.

## 58.4. Condiciones para los forjados

En el proyecto y ejecución, los forjados con elementos pretensados deben cumplir las prescripciones siguientes:

## Losa superior

Todo forjado tendrá una losa superior ejecutada «in situ», a la vez que el relleno de senos, ranuras o nervios, con hormigón de resistencia de proyecto no inferior a 125 kp/cm<sup>2</sup>. El espesor  $h_s$  de esta losa cumplirá las siguientes condiciones:

- Sobre viguetas (figs. 58.1.a y 58.1.b)  $h_s \geq 2 \text{ cm}$
- Sobre piezas resistentes (figs. 58.1.a y 58.1.c)  $h_s \geq \frac{a}{8} \leq 2 \text{ cm}$
- Sobre piezas aligerantes (figs. 58.1.a y 58.1.c)  $h_s \geq \frac{a}{6} \leq 3 \text{ cm}$

siendo:

$h_s$  = espesor de la losa a una distancia «a» al centro de la pieza de entrevigado.

## Armadura de reparto

En la losa de hormigón, y en dirección perpendicular a las viguetas o semiviguetas, se colocará una armadura de reparto, constituida por barras, a separación no superior a 30 cm, cuya área  $A_s$  en cm<sup>2</sup>/m cumpla la condición:

$$A_s \geq \frac{500 h_s}{f_{sd}} \leq \frac{2000}{f_{sd}}$$

siendo:

$h_s$  = el espesor en cm de la losa de hormigón en el centro de la pieza;

$f_{sd}$  = la resistencia de cálculo de la armadura de reparto en kp/cm<sup>2</sup>.

## Recubrimiento de armaduras

Las distancias de las armaduras a los paramentos exteriores o a los contiguos a piezas aligerantes cumplirán las condiciones de 19.4. Las distancias de estas armaduras a los paramentos en contacto con piezas resistentes, viguetas o semiviguetas serán no menores que la mitad del diámetro de la barra ni menores que 0,5 cm; además, la distancia anterior más el espesor del tabiquillo cumplirán las condiciones de 19.4.

## Tamaño del árido

Al menos el 85 por 100 del árido total del hormigón «in situ» será de dimensión no mayor que la menor de las tres siguientes dimensiones:

- 5/8 de la distancia libre horizontal entre armaduras pasivas.
- 1/3 del espesor mínimo que se hormigone «in situ» en los nervios.
- 1/2 del espesor mínimo de la losa superior.

## COMENTARIOS

La losa superior de hormigón de los forjados asegura la rigidez de éstos en su plano, necesaria para la adecuada distribución de los esfuerzos horizontales que recibe el edificio. Las limitaciones de espesor de esta losa se imponen por razones de ejecución y de resistencia transversal.

La armadura de reparto se dispone para evitar las fisuras debidas a la retracción del hormigón y a las variaciones térmicas y para contribuir a la rigidez del forjado en su plano. Por razones prácticas es recomendable emplear como armadura de reparto una malla electrosoldada.

Las distancias de las armaduras pasivas a los paramentos contiguos a piezas resistentes, viguetas o semiviguetas pueden ser menores que las exigidas en 19.4 por el efecto protector de dichos elementos. Esto no es aplicable a las piezas aligerantes, pues no existe garantía de este efecto protector.

(Continuará.)

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto (Continuación.) de 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

Las condiciones de tamaño del árido son las de 9.2, excepto la relativa al espesor mínimo de la losa superior, cuya exigencia más tolerante está sancionada por la experiencia.

### 58.5. Cálculo de los forjados

En el dimensionamiento de los forjados construidos con elementos prefabricados se tendrán en cuenta las indicaciones siguientes:

#### Solicitaciones

En las sustentaciones extremas de tramos aislados o de tramos extremos de forjados continuos se considerará para el dimensionamiento de la armadura superior un momento flector negativo de valor absoluto no inferior a 1/4 del momento flector máximo del vano. Sin embargo, este momento flector se tomará de valor cero, para calcular el momento del vano, a menos que se realice un cálculo elástico de los momentos de semiempotramiento en las vigas o muros sustentantes, y estos elementos se dimensionen para resistir las correspondientes torsiones o flexiones.

En el cálculo de los forjados continuos puede considerarse redistribución de momentos por plasticidad, que como máximo llegue a igualar en valor absoluto los máximos momentos de vano con los momentos de apoyo.

#### Secciones

En la determinación de la sección resistente (ver 47.1.2) de la sección homogeneizada (ver 51.2.4) y de la sección eficaz a momentos flectores positivos o negativos (ver 51.2.5), se pueden considerar el hormigón prefabricado, las armaduras de las viguetas o semiviguetas pretensadas, el hormigón «in situ» y las armaduras pasivas, cada material con su correspondiente módulo de elasticidad.

Cuando se emplean piezas resistentes pueden considerarse formando parte de la sección de hormigón «in situ», y con igual módulo de elasticidad, los tabiquillos de las piezas en contacto con este hormigón. Para tener en cuenta en el cálculo otras partes de estas piezas es preciso justificar experimentalmente su colaboración.

#### Solicitaciones normales de agotamiento

Para calcularlas son admisibles los métodos simplificados de cálculo con diagrama rectangular para el hormigón (ver 47.7). Bajo momentos flectores negativos puede admitirse que en el extremo de una vigueta o semivigueta la tensión final de pretensado en el hormigón es nula, y que la distribución se efectúa linealmente hasta alcanzar el valor final en una distancia igual a 200 veces el diámetro de las armaduras activas.

#### Esfuerzo cortante de agotamiento

En las viguetas siempre se dispondrán estribos con las disposiciones que se exigen en 48.1 y se calculará su esfuerzo cortante de agotamiento  $V_{ag}$  en zona C, tomando el menor de los valores  $V_{at}$  y  $V_{av}$ , definidos en dicho apartado. El esfuerzo cortante de agotamiento del forjado será el que corresponde a sus viguetas, sin considerar el hormigón de relleno de senos o ranuras.

En los forjados con semiviguetas no se precisa armadura transversal en toda sección en que se cumpla:

$$V_d \leq V_{av} = \psi f_{cv} b_w d_i$$

siendo:

$V_d$  = esfuerzo cortante de cálculo;

$V_{av}$  = esfuerzo cortante de agotamiento sin armadura transversal;

$\psi = 0,5 + 33 \rho_o$  coeficiente función de la cuantía  $\rho_o$  de la armadura longitudinal;

$f_{cv}$  = resistencia normal de cálculo a esfuerzo cortante del hormigón «in situ»;

$b_w$  = anchura eficaz del nervio;

$d_i$  = canto útil de la sección (ver 48.1.3.4.2);

siempre que la adherencia entre el hormigón prefabricado y el hormigón «in situ» sea suficiente, lo que se justificará mediante ensayos del forjado sin estribos.

En las zonas en que  $V_d > V_{av}$  se dispondrá armadura transversal, cuya contribución  $V_{tr}$  cumpla:

$$V_{tr} \geq V_d - \psi f_{cv} b_w d_i$$

Esta armadura transversal estará constituida por estribos incluidos en el hormigón de la semivigueta o en el hormigón «in situ», con anclajes situados en los 2/3 inferiores de la altura de la semivigueta.

#### Limitaciones por deformación

El valor máximo admisible de la flecha vertical, en forjados que no hayan de soportar tabiques ni muros, es de 1/300, siendo 1 la luz del elemento considerado. Para la determinación de esta flecha se considerará solamente la flecha instantánea producida por la actuación simultánea de la carga permanente y la sobrecarga de uso, ambas con sus valores característicos.

En el caso de que se trate de forjados que hayan de soportar elementos de fábrica (muros o tabiques) se distinguen los tres casos siguientes:

- Si el elemento de fábrica ha sido construido con mortero de cemento, la flecha máxima admisible es 1/500.
- Si el elemento de fábrica ha sido construido con mortero de cal, la flecha máxima no podrá ser superior a 1/400.
- Si el elemento de fábrica ha sido construido con mortero de yeso, la flecha máxima admisible es 1/300.

En estos casos, la flecha que se considera es la producida desde el momento en que se termine la construcción del muro o tabique. Su valor se determina sumando a la flecha diferida producida por la carga permanente, la instantánea originada por la parte de carga permanente que se coloque después (isolados, etc.) y por la sobrecarga de uso.

#### COMENTARIOS

Los forjados de piso deben construirse solidariamente unidos a sus elementos sustentantes, lo que se consigue:

- Si son muros de fábrica, mediante cadenas de apoyo de hormigón armado, en las que penetran las armaduras pasivas superiores con las longitudes de anclajes precisas y las testas de las viguetas o semiviguetas, con una entrega de unos 2 cm.
- Si son vigas de acero laminado, en cuya ala inferior apoya el forjado, disponiendo el supradós de éste 3-4 cm por encima del ala superior de las vigas para pasar las armaduras de los apoyos y las de reparto; o si los forjados apoyan en el ala superior de las vigas mediante conectores que se hormigonan en las cadenas de apoyo o mediante otros sistemas eficaces, no bastando la unión confiada al rozamiento.
- Si son vigas de hormigón armado, incluyendo en éstas las armaduras pasivas superiores del forjado y las testas de las viguetas o semiviguetas, con entrega máxima de 2 cm.

La sollicitación en cada sección del forjado suele calcularse utilizando hipótesis simplificadas. En los extremos del forjado la rigidez a torsión de la viga sustentante produce momento flector negativo, difícil de evaluar y variable a lo largo de la viga.

En general se recomienda no considerar este empotramiento para calcular los momentos flectores positivos del vano, sino admitir que en el extremo tiene un apoyo simple, despreciando en el cálculo de la viga los momentos torsores que se producen en ésta.

Los momentos flectores negativos, sin embargo, existen, especialmente cerca de los pilares, y, por ello, la exigencia de su valor mínimo en el extremo del forjado.

En la determinación de las secciones es conveniente considerar todos los materiales que figuran en 58.5, pero por simplificación en forjados de viguetas se prescinde alguna vez del hormigón de la losa y senos o ranuras.

Los ensayos realizados sobre forjados con piezas resistentes que cumplen las condiciones de 58.3 indican que los tabiquillos de las piezas directamente adheridos al hormigón siempre pueden considerarse eficaces a compresión y esfuerzo cortante. En muchos de estos ensayos se comprueba que pueden también considerarse eficaces otras partes de las piezas resistentes unidas a estos tabiquillos directamente adheridos al hormigón, generalmente cuando tienen forma encasetonada, pero no es posible establecer una regla general para definirlos, y, por ello, si se desea considerar otras partes de las piezas se requiere en cada caso un estudio experimental.

Los ensayos realizados con forjados de semiviguetas bajo momento flectores negativos indican que las tensiones finales de pretensado en el hormigón en los extremos de las semiviguetas podrán despreciarse. La regla del articulado presenta un límite prudente.

La experiencia de los forjados construidos en los últimos decenios indica que, cuando el hormigonado se efectúa cuidadosamente y con limpieza previa de la superficie de contacto, pueden admitirse semiviguetas sin armadura transversal hasta la limitación indicada y que los estribos son eficaces en las condiciones del articulado. Debe tenerse presente que las uniones sin armadura pasante son muy sensibles al polvo interpuesto y que su buen funcionamiento depende, entre otros parámetros, de la extensión y trazado de las superficies de contacto y de la altura a que queda la junta en la sección final resultante.

En general, en forjados ordinarios de edificación con luces de hasta 8 m y para unas condiciones medias no es preciso comprobar la flecha prescrita en el articulado si la relación canto/luz no es menor de:

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
T r a m o s simplemente apoyados ... ..	1/24	1/20	1/18	1/14
Vanos extremos de tramos continuos ... ..	1/28	1/24	1/20	1/18
Vanos internos de tramos continuos ... ..	1/32	1/28	1/24	1/20
Voladizos ... ..	1/18	1/14	1/12	1/10

- Caso 1: Forjados que no han de soportar tabiques ni muros.
- Caso 2: Forjados que han de soportar fábricas construidas con mortero de yeso.
- Caso 3: Forjados que han de soportar fábricas construidas con cal.
- Caso 4: Forjados que han de soportar fábricas construidas con cemento.

TITULO III. DEL CONTROL

CAPITULO XIV

Control de materiales

ARTICULO 59. CONTROL DE CALIDAD

En esta Instrucción se establece con carácter preceptivo el control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes; del acero, anclajes, empalmes, vainas, equipos y demás accesorios característicos de la técnica del pretensado; de la inyección, y de la ejecución de la obra.

El fin del control es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que serán las generales de esta Instrucción, más las específicas contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

COMENTARIOS

El Título III de esta Instrucción desarrolla el control de recepción que se realiza en representación de la Administración o de la Propiedad, según los casos.

Además del control de recepción es siempre recomendable la existencia de un control de producción, realizado, según el caso, por el fabricante o el constructor.

ARTICULO 60. CONTROL DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGON

60.1. Cemento

Especificaciones

Las del artículo 7.º de esta Instrucción más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Toma de muestras: Se realizará según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos.

Ensayos

a) Antes de comenzar el hormigonado, o si varían las condiciones de suministro, y cuando lo indique el director de la obra.

Se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en el Pliego de Condiciones para la Recepción de Cementos, además de los previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, más los correspondientes a la determinación del ión Cl<sup>-</sup>, según el artículo 7.º

b) Durante la marcha de la obra:

Cuando lo indique el director de la obra; una vez cada tres meses de obra; y como mínimo tres veces durante la ejecución de la obra; se comprobará, al menos, contenido en ión Cl<sup>-</sup>, pérdida al fuego, residuo insoluble, la finura de molido, principio y fin de fraguado, resistencia a flexotracción y compresión y expansión en autoclave, según el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la Recepción de Cementos.

La exigencia b) se sustituirá por el certificado de ensayo previsto en 7.1, cuando el cemento esté en posesión del DISCAL (O. M.º de Industria de junio de 1964 —«BOE» de 8 de julio de 1964— y Resolución de la Dirección General de Industrias de la Construcción de 31 de diciembre de 1965 —«BOE» de 14 de enero de 1966—).

Criterios de aceptación y rechazo

El no cumplimiento de algunas de las especificaciones será condición suficiente para el rechazo de la partida de cemento.

COMENTARIOS

Las comprobaciones prescritas en el articulado tienen un doble carácter:

- de control de la partida correspondiente, para aceptarla o rechazarla;
- de comprobación del control de fabricación relativo al cemento utilizado, por comparación con los certificados suministrados por el fabricante.

60.2. Agua de amasado

Especificaciones

Las del artículo 8.º más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Ensayos

Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes del agua que vaya a utilizarse; si varían las condiciones de suministro y cuando lo indique el director de la obra; se realizarán los ensayos citados en el artículo 8.º

Criterios de aceptación o rechazo

El no cumplimiento de las especificaciones será razón suficiente para considerar el agua como no apta para amasar hormigón.

COMENTARIOS

60.3. Aridos

Especificaciones

Las del artículo 9.º más las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Ensayos**

- a) Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes de los mismos; si varían las condiciones de suministro y siempre que lo indique el director de obra: se realizarán los ensayos del 9.3, además de los previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- b) Durante la obra:  
Se prestará gran atención al cumplimiento de lo especificado en 9.2.  
En caso de dudas se realizarán los correspondientes ensayos de comprobación.

**Criterios de aceptación y rechazo**

El no cumplimiento del 9.3 y de las especificaciones es condición suficiente para calificar el árido como no apto para fabricar hormigón.

El no cumplimiento de la limitación del 9.2 hace que el árido no sea apto para las piezas en cuestión. Si se hubiera hormigonado algún elemento con hormigón fabricado con áridos en tal circunstancia deberán adoptarse las providencias que considere oportuno el director de la obra, a fin de garantizar que en tales elementos no se han formado oquedades o coque-  
ras de importancia que puedan hacer peligrar la sección correspondiente.

**COMENTARIOS**

**60.4. Aditivos**

**Especificaciones**

Las del artículo 10 más las particulares que pueda contener el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

**Ensayos**

- a) Antes de comenzar la obra se comprobará en todos los casos el efecto del aditivo sobre las características de calidad del hormigón; tal comprobación se realizará mediante los ensayos previos del hormigón citados en el artículo 64.  
Igualmente se comprobará, mediante los oportunos ensayos de laboratorio, la ausencia en la composición del aditivo de cloruros, sulfuros, sulfitos u otros compuestos químicos que puedan favorecer la corrosión de las armaduras.  
Como consecuencia de lo anterior se seleccionarán las marcas y tipos admisibles en la obra, la constancia de cuyas características de composición y calidad garantizará el fabricante correspondiente.
- b) Durante la ejecución de la obra se vigilará que el tipo y marca del aditivo utilizado sean precisamente los aceptados según el párrafo anterior.

**Criterios de aceptación o rechazo**

El no cumplimiento de alguna de las especificaciones será condición suficiente para calificar el aditivo como no apto para agregar a hormigones de pretensado.

Cualquier posible modificación de las características de calidad del producto que se vaya a utilizar, respecto a las del aceptado en los ensayos previos al comienzo de la obra, implicará su no utilización hasta que la realización, con el nuevo tipo, de los ensayos previstos en a) autorice su aceptación y empleo en la obra.

**COMENTARIOS**

Las prescripciones anteriores vienen a establecer, a falta de una homologación general de los aditivos, una homologación, para cada obra en particular, que permite seleccionar al comienzo de la misma las marcas y tipos que pueden emplearse a lo largo de ella, sin que sus efectos sean perjudiciales para las características de calidad del hormigón o para las armaduras.

Como, en general, no será posible establecer un control permanente sobre los componentes químicos del aditivo en la marcha de la obra, control, por otra parte, no prescrito, aunque sí recomendado cuando sea posible, se establece que el control que debe realizarse en obra sea la simple comprobación de que se emplean aditivos aceptados en la fase previa, sin alteración alguna.

**ARTICULO 61. CONTROL DE LA CALIDAD DEL HORMIGON**

El control de la calidad del hormigón amasado se extenderá normalmente a su consistencia y a su resistencia con independencia de la comprobación del tamaño máximo del árido,

según 60.3, o de otras características expresadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Este control de la calidad del hormigón se realizará de acuerdo con lo indicado en los artículos 62 a 67 siguientes.

**COMENTARIOS**

Las características de calidad citadas son las mínimas normales.

En cada caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares citará las que, además, sean exigibles y cómo y con qué criterios se realizará el control de las mismas.

**ARTICULO 62 CONTROL DE LA CONSISTENCIA DEL HORMIGON**

**Especificaciones**

La consistencia será la especificada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o la indicada, en su momento, por el director de la obra, con las tolerancias que a continuación se indican:

Tipo de consistencia	Tolerancia en cm
Seca .....	0
Plástica .....	± 1
Blanda .....	± 1
Fluida .....	± 2

**Ensayos**

Siempre que se fabriquen probetas para controlar la resistencia, y cuando lo ordene el director de la obra, se determinará el valor de la consistencia, mediante el cono de Abrams, de acuerdo con la UNE 7103.

**Criterios de aceptación y rechazo**

El no cumplimiento de las especificaciones implicará el rechazo automático de la amasada correspondiente y la corrección de la dosificación.

**COMENTARIOS**

El control de la consistencia pone en manos del director de la obra un criterio de aceptación condicionada y de rechazo de las amasadas de hormigón, al permitirle cuantificar anomalías de su dosificación, especialmente por lo que a la relación agua-cemento se refiere.

En el cuadro de tolerancias se establecen las correspondientes a las consistencias desde seca a fluida, habiéndose omitido la líquida por estar prohibida en las obras de hormigón pretensado. En este sentido se recuerda la conveniencia de no emplear, en general, consistencias secas y fluidas por los efectos nocivos que pueden ocasionar a las obras, en un caso por la mayor probabilidad de producir coque-  
ras y en el otro por la pérdida de resistencia subsiguiente.

**ARTICULO 63. CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON**

Independientemente de los ensayos de control de materiales componentes y de la consistencia del hormigón, a que se refieren los artículos 60 y 62, y de los que puedan prescribirse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, los ensayos para el control de la resistencia del hormigón previstos en esta Instrucción con carácter preceptivo son los indicados en el artículo 68.

Otros tipos de ensayos son los llamados de «información», a los que se refiere el artículo 67, los cuales no tienen carácter preceptivo.

Finalmente, antes del comienzo del hormigonado puede resultar necesaria la realización de ensayos previos y/o ensayos característicos, los cuales se describen en los artículos 64 y 65, respectivamente.

Los ensayos previos, característicos y de control se refieren a probetas cilíndricas de 15 x 30 cm, rotas por compresión a 28 días de edad, según UNE 7240 y UNE 7242.

**COMENTARIOS**

A continuación se incluye un cuadro en el que se resumen las características de los ensayos establecidos en el articulado.

Ensayo de compresión	Previos	Características	De control	De información			
				Tipo a	Tipo b	Tipo c	
Ejecución de probetas	En laboratorio	En obra	En obra	Extraídas del hormigón endurecido	En obra	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (métodos muy diversos)	
Conservación de probetas	En cámara húmeda	En agua o cámara húmeda	En agua o cámara húmeda		En condiciones análogas a las de la obra		
Tipo de probetas	Cilíndricas de 15 x 30	Cilíndricas de 15 x 30	Cilíndricas de 15 x 30	Cilíndricas o cúbicas de dimensiones función del tamaño del árido	Cilíndricas de 15 x 30		
Edad de las probetas	28 días	28 días	28 días	Variable			
Número mínimo de probetas	4 x 3 = 12	6 x 3 = 18	Véase artículo 66	A establecer			
Obligatoriedad	Preceptivos, salvo experiencia previa	Preceptivos, salvo experiencia previa	Siempre preceptivos	No preceptivos, salvo excepción			
Observaciones	Están destinados a establecer la dosificación inicial de obra	Están destinados a sancionar la dosificación definitiva y los medios utilizados en la obra	A veces deben completarse con ensayos de información tipo «a» o tipo «c»	Están destinados a conocer la resistencia real del hormigón a una cierta edad y en unas condiciones determinadas			

ARTICULO 64. ENSAYOS PREVIOS DEL HORMIGON

Se realizarán en laboratorio antes de comenzar las obras, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 21. Su objeto es establecer la dosificación que habrá de emplearse, teniendo en cuenta los materiales disponibles y aditivos que se vayan a emplear y las condiciones de ejecución previstas. En el mencionado artículo 21 se señala, además, en qué caso puede prescindirse de la realización de estos ensayos.

Para llevarlos a cabo se fabricarán al menos cuatro series de amasadas distintas, de tres probetas cada una por cada dosificación que se desee establecer y se operará de acuerdo con los métodos de ensayo UNE 7240 y UNE 7242.

De los valores así obtenidos se deducirá el valor de la resistencia media en el laboratorio,  $f_{cm}$ , el cual deberá superar el valor exigido a la resistencia de proyecto con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución en obra, la resistencia característica real de la obra sobrepase también a la de proyecto.

COMENTARIOS

Si bien en este artículo se contemplan los ensayos previos desde el punto de vista resistente, en realidad, bajo este epígrafe tienen cabida todos los ensayos que deben realizarse antes de comenzar el hormigonado para garantizar la aptitud de los materiales para amasar con ellos el hormigón previsto.

Garantizada la aptitud de los componentes del hormigón, el establecimiento de la dosificación que debe emplearse comprenderá, en la mayoría de los casos, el estudio de la granulometría de los áridos, relación agua-cemento, consistencia y resistencia y, eventualmente, cantidad de aditivos.

Desde el punto de vista del control de la resistencia, la medida de la consistencia tiene gran importancia; pues las alteraciones en la relación agua-cemento que puedan producirse en la obra, de gran repercusión en la resistencia, serán detectadas inmediatamente en tal ensayo, por otro lado de fácil realización en la obra.

Desde el punto de vista de la resistencia, objeto del artículo que se comenta, los ensayos previos, tal como se definen en el articulado, suministran datos para estimar la resistencia media del hormigón de la obra, la cual debe coincidir con el fabricado en el laboratorio; pero, como es lógico, no pueden aportar más información sobre la función de distribución del hormigón de la obra. Esta falta de información debe subsanarse, en esta fase, mediante la introducción de hipótesis, sancionadas por la experiencia, que permitan tomar la decisión de aceptar la dosificación en cuestión o modificarla.

(Continuará.)

MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

15605

INSTRUMENTO de Adhesión de España al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, hecho en Londres el 20 de octubre de 1972.

PEDRO CORTINA MAURI

MINISTRO DE ASUNTOS EXTERIORES DE ESPAÑA

Cumplidos los requisitos exigidos por la legislación española, extendiendo el presente Instrumento de Adhesión de España al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, hecho en Londres el día 20 de octubre de 1972, a efectos de que, mediante su depósito previo y de conformidad con lo dispuesto en el párrafo c de su artículo II, España entre a ser parte del Convenio.

En fe de lo cual, firmo el presente en Madrid, a trece de mayo de mil novecientos setenta y cuatro.

PEDRO CORTINA MAURI

Artículo quinto.—Se autoriza a los Ministerios de Industria y de Comercio a dictar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las disposiciones necesarias para el desarrollo de lo dispuesto en el presente Real Decreto.

**DISPOSICION DEROGATORIA**

Queda derogado el Real Decreto noventa y siete/mil novecientos setenta y siete, de trece de enero, en lo que se oponga a lo establecido en la presente disposición.

Dado en Madrid a diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

**15732** REAL DECRETO 1876/1977, de 17 de junio, por el que se prorrogan por cuatro años las funciones encomendadas al Instituto de Técnicas Educativas de Universidades Laborales por la disposición transitoria tercera del Decreto 2061/1972, de 21 de julio.

El Decreto dos mil sesenta y uno/mil novecientos setenta y dos, de veintiuno de julio, por el que se integran las Universidades Laborales en el régimen académico de la Ley General de Educación, determinaba en su disposición transitoria tercera que, a los efectos de perfeccionamiento del profesorado de Universidades Laborales, previstos en el artículo séptimo, número tres, de dicho Decreto, el Instituto de Técnicas Educativas de Universidades Laborales desarrollaría las funciones encomendadas a los Institutos de Ciencias de la Educación por la legislación vigente, durante un plazo de cuatro años.

Dicho Instituto ha venido desarrollando durante dicho período una intensa labor de perfeccionamiento del profesorado de Universidades Laborales, así como en las otras funciones que tiene encomendadas. No obstante, y habida cuenta de la amplitud de los programas de perfeccionamiento, la continua evolución y avance de las técnicas educativas y la creación de nuevos Centros y ampliación de los existentes, lo que supone el desarrollo de las plantillas de profesores, son muchas las acciones pendientes de cara al perfeccionamiento del profesorado y a la investigación de técnicas, particularmente en el campo de la Formación Profesional, de la Formación de Adultos y de la Aplicación de Ordenadores a la Enseñanza.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Educación y Ciencia y de Trabajo, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete,

**DISPONGO:**

Artículo único.—A los efectos previstos en el artículo séptimo, número tres, del Decreto dos mil sesenta y uno/mil novecientos setenta y dos, y durante un plazo de cuatro años, el Instituto de Técnicas Educativas de Universidades Laborales desarrollará las funciones encomendadas a los Institutos de Ciencias de la Educación por la legislación vigente.

Dado en Madrid a diecisiete de junio de mil novecientos setenta y siete.

JUAN CARLOS

El Ministro de la Presidencia del Gobierno,  
ALFONSO OSORIO GARCIA

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto (Continuación.) 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

Así se puede aceptar la normalidad de su distribución y, en función de las condiciones previstas para la ejecución, establecer valores del coeficiente de variación.

Establecida de esta manera la función de distribución, el cuantil del 5 por 100 queda fijado por:

$$f_{cm} (1 - 1,64 \delta)$$

debiendo ser:

$$f_{ct} \leq f_{cm} (1 - 1,64 \delta)$$

La expresión anterior justifica plenamente el contenido del articulado, en el que se pide que la resistencia media de laboratorio supere el valor exigido en el proyecto,  $f_{ct}$ , con margen suficiente.

Una razonable estimación en el valor del coeficiente de dispersión permitirá cuantificar adecuadamente la diferencia entre ambos parámetros.

A título puramente informativo se incluyen las siguientes fórmulas que relacionan una y otra resistencia; fórmulas que, a falta de otros datos, pueden utilizarse en los estudios previos como una primera aproximación.

Condiciones previstas para la fabricación del hormigón	Valor aproximado de la resistencia media $f_{cm}$ necesaria en laboratorio
Buenas	$f_{cm} = 1,35 f_{ct} + 15 \text{ kp/cm}^2$
Muy buenas	$f_{cm} = 1,20 f_{ct} + 10 \text{ kp/cm}^2$

Las condiciones previstas para la fabricación del hormigón deben entenderse con arreglo a las indicaciones que siguen, en las que se ha descartado la de condiciones medias, contemplada en la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado, por no ser adecuadas en obras de hormigón pretensado.

**Condiciones buenas:** Cemento bien conservado, con frecuentes comprobaciones de su calidad. Aridos cuidadosamente medidos en volumen, procurando corregir los volúmenes de arena utilizados de acuerdo con el entumecimiento de ésta. Reajuste de la cantidad del agua vertida en la hormigonera siempre que varíe notoriamente la humedad de los áridos. Vigilancia a pie de obra con utillaje mínimo necesario para realizar las comprobaciones oportunas.

**Condiciones muy buenas:** Control estricto de la calidad del cemento y de la relación agua/cemento. Aridos medidos en peso, determinando periódicamente su granulometría y humedad. Laboratorio a pie de obra con el personal e instalaciones necesarias en cada caso. Constante atención a todos los detalles (posible descorrección de básculas, cambio de partida de cemento, etc.).

La información suministrada por los ensayos previos de laboratorio es muy importante para la buena marcha posterior de los trabajos, por lo que conviene que los resultados los conozca el director de la obra. En particular, la confección de mayor número de probetas para romperlas a 3, 7 y 90 días permitirá tener un conocimiento de la curva de endurecimiento del hormigón, que puede resultar muy útil, tanto para tener información de partes concretas de la obra antes de 28 días como para prever el comportamiento del hormigón a mayores edades.

**ARTICULO 65. ENSAYOS CARACTERISTICOS DEL HORMIGON**

Salvo en el caso de emplear hormigón preparado o de que se posea experiencia previa con los mismos materiales y medios de ejecución, estos ensayos son preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar, en general antes del comienzo del hormigonado, que la resistencia característica real del hormigón que se va a colocar en la obra no es inferior a la de proyecto.

Los ensayos se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis masas diferentes de hormigón, por cada tipo que haya de emplearse, enmoldando tres probetas por masa; las cuales se ejecutarán, conservarán y romperán según los métodos de ensayo UNE 7240 y UNE 7242.

Con los resultados de las roturas se calculará el valor medio correspondiente a cada amasada, obteniéndose la serie de seis resultados medios:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_6$$

El ensayo característico se considerará favorable si se verifica:

$$x_1 + x_2 - x_3 \geq f_{ct}$$

en cuyo caso se aceptará la dosificación y proceso de ejecución correspondientes.

**COMENTARIOS**

Estos ensayos tienen por objeto garantizar, antes del proceso de hormigonado, la idoneidad de la dosificación que se vaya a

utilizar y del proceso de fabricación que se piensa emplear, para conseguir hormigones de la resistencia prevista en el proyecto.

Como puede comprobarse, el criterio de aceptación es análogo al que se empleará en los ensayos de control a nivel intenso; empleándose tres probetas para definir la resistencia de cada amasada. Esta prescripción tiene por objeto eliminar la posibilidad de un rechazo de dosificación o proceso de fabricación, como consecuencia de un error en la medida de la resistencia de una sola probeta, como consecuencia de deficiente ejecución, conservación, transporte o del mismo proceso de rotura. Se entiende que el valor medio de una serie de tres probetas representa, con más propiedad que un solo valor, la calidad de la amasada, compensando en parte las desviaciones introducidas al confeccionar las probetas.

El mayor costo del ensayo queda compensado por la repercusión económica del mismo sobre el costo de la obra.

Por otra parte, resulta útil ensayar varias dosificaciones iniciales, pues si se prepara una sola y no se alcanza con ella la debida resistencia hay que comenzar de nuevo, con el consiguiente retraso para la obra.

De acuerdo con el método de ensayo UNE 7240, las probetas se conservarán en obra, sumergidas en agua o en cámara húmeda, a temperatura no superior a 20° C. Para conseguirlo, lo más cómodo es disponer un depósito cubierto, construido de material no metálico. Siendo así que cuanto menor es la temperatura del agua de conservación, más baja resulta la resistencia de las probetas; es siempre ventajoso disponer un termostato de resistencia (aparato sencillo y económico), o recurrir a cualquier otro sistema, para no bajar mucho del límite máximo admitido de 20° C; y, desde luego, es imprescindible comprobar con frecuencia la temperatura mediante un termómetro.

ARTICULO 66. ENSAYOS DE CONTROL DEL HORMIGON

66.1. Generalidades

Estos ensayos son preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar, a lo largo de la ejecución, que la resistencia característica del hormigón de la obra es igual o superior a la de proyecto.

El control podrá realizarse en dos modalidades:

- Control total (control al 100 por 100), cuando se conozca la resistencia de todas las amasadas.
- Control estadístico del hormigón, cuando sólo se conozca la resistencia de una fracción de las amasadas que se controlan. En este caso, en función del valor adoptado para  $\gamma_c$  y de acuerdo con el artículo 41, se establecen dos niveles de control estadístico de la calidad del hormigón:

- control estadístico a nivel normal;
- control estadístico a nivel intenso.

En ambas modalidades los ensayos se realizan sobre probetas ejecutadas en obra y conservadas y rotas según UNE 7240 y UNE 7242.

COMENTARIOS

El objeto de los ensayos de control es comprobar que las características de calidad del hormigón, curado en condiciones normales y a 28 días de edad, son las previstas en el proyecto.

Con independencia de los ensayos de control se realizarán los de información (artículo 67, a) que prescriba el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o indique el director de la obra, para conocer a una edad, y tras un proceso de curado análogo al de los elementos de que se trata, que el hormigón tiene la resistencia adecuada, especialmente en el momento del tasado.

Desde el punto de vista de la aceptación del lote objeto del control, los ensayos determinantes son los que se prescriben en 66.2 y 66.3 o, en su caso, los derivados de 66.4.

66.2. Control total (control al 100 por 100)

Esta modalidad de control es de aplicación a cualquier obra y cualesquiera que sean los valores adoptados para  $\gamma_c$  de conformidad con el artículo 41 de esta Instrucción.

El control se realiza determinando la resistencia de todas las amasadas componentes de la parte de obra sometida a control y calculando, a partir de sus resultados, el valor de la resistencia característica real, según 35.1.

Para que el conjunto de amasadas sometidas a control sea aceptable es preciso que:

$$f_{c, real} \geq f_{ck}$$

COMENTARIOS

En la mayoría de las obras este tipo de control no deberá utilizarse, por el elevado número de probetas que implica confeccionar, conservar y romper la complejidad de todo orden que supone para la obra y el elevado costo del control.

Sin embargo, en algunos casos especiales, como elementos aislados de mucha responsabilidad, en cuya composición entra un número pequeño de amasadas u otros similares, puede resultar de gran interés el conocimiento exacto de  $f_{c, real}$ , para basar en él las decisiones de aceptación o rechazo, con eliminación total del posible error inherente a toda estimación. En previsión de estos casos especiales, pero sin exclusión de cualquier otro, se da entrada de forma fehaciente en la Instrucción a este tipo de control.

Conforme se ha definido en el artículo 35, el valor de la resistencia característica real corresponde al cuantil del 5 por 100 en la función de distribución de la población, objeto del control. Su obtención se reduce a determinar el valor de la resistencia de la amasada, que es superada en el 95 por 100 de los casos o que, a lo sumo, es igualada en el 5 por 100 de ellos.

En general, para poblaciones formadas por N amasadas, el valor de  $f_{c, real}$  corresponde a la resistencia de la amasada, que, una vez ordenadas las N determinaciones de menor a mayor, ocupa el lugar  $n = 0,05 N$ , redondeándose «n» por exceso.

Cuando el número de amasadas que se vayan a controlar sea igual o menor que 20,  $f_{c, real}$  será el valor de la resistencia de la amasada más baja encontrada en la serie.

66.3. Control estadístico del hormigón

66.3.1. Ensayos de control a nivel normal

Esta modalidad de control es de aplicación a obras en cuyo proyecto se haya adoptado para  $\gamma_c$  un valor  $\gamma_c \geq 1,5$ , en correspondencia con el artículo 41.

A efectos del control se divide la obra en partes sucesivas, inferiores cada una al menor de los límites señalados en el cuadro 66.3.1.a.

CUADRO 66.3.1.a

Límite superior	Tipo de elementos estructurales		
	Lineales	Superficiales	Grandes macizos
Volumen ... ..	100 m <sup>3</sup>	200 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>
Superficie ... ..	500 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>	—
Número de amasadas ... ..	100	100	100
Tiempo de hormigonado ... ..	2 semanas	2 semanas	1 semana
Número de plantas ... ..	1	1	—

El control tiene por objeto determinar si el hormigón componente de cada una de las partes es aceptable con arreglo a los criterios de esta Instrucción.

El control se realiza mediante determinaciones de resistencia de amasadas, según el artículo 11, en número  $N > 3$  y frecuencia que fijará el director de la obra, de no estar previstos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, tomadas al azar entre las componentes de la obra sometida a control. En todo caso, el contratista podrá utilizar un número de determinaciones superior al mencionado anteriormente, siendo a su costa el sobre costo del ensayo.

Ordenados los resultados de las determinaciones de resistencia de las N amasadas controladas en la forma:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

se define como resistencia característica estimada, en este nivel, la que cumple las siguientes expresiones:

Si  $N < 6$ ;  $f_{est} = K_N \cdot x_1$

Si  $N \geq 6$ ;  $f_{est} = K_N \cdot x_1 < 2 \cdot \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} - x_m$

siendo:

$K_N$  = coeficiente dado en el cuadro 66.3.1.b, en función de N y del tipo de instalación en que se fabrique el hormigón;

$x_1$  = resistencia de la amasada de menor resistencia;

$m = N/2$  si N es par;

$m = \frac{N-1}{2}$  si N es impar.

CUADRO 66.3.1.b  
Valores de  $K_N$

N	Hormigones fabricados en central automática, con control sistemático muy cuidadoso de todas las operaciones	Otros casos
3	0,91	0,80
4	0,93	0,84
5	0,94	0,87
6	0,95	0,89
7	0,96	0,91
8	0,97	0,93
10	0,98	0,96
12	0,99	0,98
14	1,00	1,00
16	1,01	1,02
18	1,02	1,04

Para que la parte de obra sometida a control sea aceptable es necesario que se verifique:

$$f_{est} \geq f_{ck}$$

COMENTARIOS

Se consideran en este nivel los casos frecuentes en que las determinaciones de resistencia de las amasadas componentes de la parte de obra sometida a control no responden a criterios sistemáticos, en su número ni en su frecuencia. Es posible, por lo tanto, que puedan introducirse errores en la fabricación del hormigón, de trascendencia para su resistencia, no fácil ni inmediatamente detectables. Para reducir en lo posible tales efectos se establece que  $\gamma_c$  sea igual o superior a 1,5.

En realidad, en este nivel, la función para determinar la resistencia característica estimada sería  $f_{est} = K_N \cdot x_1$ , con los significados establecidos para  $K_N$  y  $x_1$ . Tal función exige conocer el coeficiente de variación  $\delta$  de la población para poder aplicarse con toda corrección, puesto que  $K_N$  es función de tal coeficiente de variación y del número N. Sin embargo, como para que la estimación de  $\delta$  tenga una fiabilidad aceptable es necesario que se controle un número de amasadas N superior al que habitualmente se emplea, y como, por otra parte, a partir de  $N = 6$  las diferencias entre los valores  $K_N$ , para el mismo valor de N y diferentes coeficientes de variación es inferior al 5 por 100, se ha preferido ligar los valores de  $K_N$  al tipo de instalación en que se fabrica el hormigón, desligándolo del cálculo de  $\delta$  mediante la aceptación previa de la hipótesis de que los hormigones fabricados en «central automática con control sistemático de todas las operaciones» tienen un coeficiente de variación del orden de 0,10, englobando en «otros casos» las que presentan un  $\delta = 0,20$ .

Con lo anterior, en los casos de  $N \geq 6$ , la discrepancia producida en  $f_{est}$  por una errónea estimación de  $\delta$  será prácticamente insignificante, habiéndose aceptado la posibilidad de emplear una segunda función de estimación, dependiente únicamente de los valores muestrales y prevista, en principio, para el control a nivel intenso, a fin de paliar aún más los posibles casos en que la diferencia en cuestión, aún pequeña, pudiera tener importancia.

Los casos en que  $N < 6$  son los que presentan más dificultad, puesto que ni es posible estimar  $\delta$  con precisión, ni introducir un segundo estimador de comparación; en ellos, evidentemente, una errónea estimación previa de su coeficiente de variación puede tener repercusiones a la hora de la aceptación. Cuando la realización de los ensayos de una manera sistemática sea posible se recomienda comenzar la serie de ensayos con valores de  $N \geq 6$ , continuando con la misma extensión de la muestra durante el control de las cuatro o cinco primeras partes de obra; con la totalidad de los valores muestrales obtenidos puede entonces calcularse el coeficiente de variación de la población con suficiente garantía y, una vez cerciorados del caso de que se trata a efectos de la elección de  $K_N$ , reducir el valor de N en el control de las sucesivas partes de la obra.

66.3.2. Ensayos de control a nivel intenso

Esta modalidad de control es de aplicación a obras en cuyo proyecto se haya adoptado para  $\gamma_c$  un valor  $\gamma_c < 1,5$ , en correspondencia con el artículo 41 de esta Instrucción.

A los efectos del control se dividirá la obra en partes, con arreglo a los criterios del cuadro 66.3.1.a, siendo el objeto del control determinar si el hormigón componente de cada una de las partes es aceptable con arreglo al contenido de esta Instrucción.

El control de cada parte se realiza sobre un número N de determinaciones de resistencia de otras tantas amasadas, tomadas al azar, entre las componentes de la parte controlada. Los valores de N se establecerán de acuerdo con la sistemática que se define en este artículo.

En general, obtenidas las resistencias de N amasadas y ordenadas de menor a mayor en la forma:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

se define la resistencia característica estimada, de la parte de obra sometida a control, por:

$$f_{est} = 2 \cdot \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} - x_m < K_N \cdot x_1$$

siendo:

$m = N/2$  o  $\frac{N-1}{2}$ , según sea N par o impar, respectivamente;

$K_N$  = parámetro definido en 66.3.1 para el caso de control a nivel normal, función del valor N y del tipo de instalación en que se fabrique el hormigón.

La parte de obra sometida a control será aceptable si se verifica que:

$$f_{est} \geq f_{ck}$$

La sistemática de la aplicación de este nivel de control a la totalidad de la obra será la siguiente:

Al comienzo del control se tomará  $N = 12$ ; cuando en cuatro lotes consecutivos con  $N = 12$  se haya obtenido aceptación ( $f_{est} \geq f_{ck}$ ), se tomará en los siguientes  $N = 6$ . Se volverá a tomar  $N = 12$  a partir del momento en que con  $N = 6$  se obtenga  $f_{est} < f_{ck}$ , volviéndose a tomar  $N = 6$  tan pronto como en cuatro lotes consecutivos se obtenga  $f_{est} \geq f_{ck}$ . Este proceso se repartirá tantas veces como sea preciso.

COMENTARIOS

Se basa el control a nivel intenso, como el control a nivel normal, en determinaciones de la resistencia de diversas amasadas, siéndole de aplicación lo comentado al respecto en el artículo anterior.

Se presupone la normalidad de la población, si bien, por tomar en consideración exclusivamente la mitad de los valores obtenidos, no se penalizan las desviaciones en más a partir del valor  $x_m + 1$ .

Con la limitación establecida,  $f_{est} < K_N \cdot x_1$ , se quiere eludir los posibles casos de polémica en que, por una desviación en más del valor  $x_m$ , pudiera resultar un ensayo, aceptable con el criterio establecido en el nivel normal y rechazable en éste.

Por último, el juego de decisiones sobre el número de determinaciones que deben realizarse, es decir, sobre la información general que se quiere conseguir, pretende obtener una información de extensión aceptable al comienzo de la obra y siem-

pre que esté en entredicho la calidad del hormigón que anteriormente se haya puesto en obra, mientras que permite reducir el número de probetas en los casos en que la fabricación se estabiliza alrededor de calidades aceptables.

#### 88.4. Decisiones derivadas del control de resistencia

Cuando en una parte de obra, sometida a cualquier nivel de control, sea  $f_{ct} \geq f_{ck}$ , tal parte de obra se aceptará.

Si resultase  $f_{ct} < f_{ck}$ , a falta de una explícita previsión del caso en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra y sin perjuicio de las sanciones contractuales previstas, se procederá como sigue:

- si  $f_{ct} \geq 0,9 f_{ck}$  la obra se aceptará;
- si  $f_{ct} < 0,9 f_{ck}$  se podrá proceder a realizar, a costa del constructor, los ensayos de información previstos en el artículo 87 o las pruebas de carga previstas en el artículo 76, a juicio del director de la obra; y según decisión de éste, a aceptarlos, a demolerlos o a reforzarlos.

En caso de haber optado por ensayos de información y resultar estos desfavorables podrá el director de obra ordenar las pruebas de carga antes de decidir si se acepta, refuerza o demuele.

#### COMENTARIOS

Antes de tomar la decisión de aceptar, reforzar o demoler, el director de obra deberá estimar la disminución de la seguridad, para lo cual podrá consultar con el proyectista y con organismos especializados; y tomará aquella decisión, incluso de ser positiva, sin la realización de los ensayos previstos en b).

En general, de una prueba de carga no se puede deducir que el margen de seguridad de la estructura en servicio es suficiente, salvo el caso en que la prueba se lleve hasta rotura (lo que es de aplicación, por ejemplo, en elementos prefabricados que se repiten). No obstante, la realización de una prueba de carga juiciosamente efectuada e interpretada puede aportar datos útiles que coadyuven a la toma de decisión final.

#### ARTICULO 87. ENSAYOS DE INFORMACION DEL HORMIGON

Estos ensayos sólo son preceptivos en los casos previstos por esta Instrucción en los artículos 25, 28 y 66 o cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Su objeto es conocer la resistencia real del hormigón de una parte determinada de la obra, a una cierta edad y/o tras un curado en condiciones análogas a las de la obra.

Los ensayos de información pueden consistir en:

- La fabricación y rotura de probetas, en forma análoga a la indicada para los ensayos de control, pero conservando las probetas, no en agua, sino en unas condiciones que sean lo más parecidas posible a aquellas en las que se encuentre el hormigón cuya resistencia se busca.
- La rotura de probetas testigo extraídas del hormigón endurecido (método de ensayo UNE 7241 y UNE 7242). Esta forma de ensayo sólo podrá realizarse cuando dicha extracción sea posible sin afectar de un modo sensible a la capacidad de resistencia de la obra.
- Como complemento de los anteriores, el empleo de métodos no destructivos confiables, debidamente correlacionados con aquellos que merezcan la aprobación del director de obra.

Para la valoración de la resistencia en los ensayos a), b) y c) debe tenerse en cuenta que en soportes o elementos análogos, hormigonados verticalmente, la resistencia puede estar reducida en un 10 por 100, como se considera en el cálculo en 35.5.

#### COMENTARIOS

La realización de estos ensayos tiene interés a veces; por ejemplo: para conocer la resistencia alcanzada por un hormigón que ha sido afectado por la helada; para fijar el instante del tesado, desencofrado o descimbrado de una pieza; para conocer la capacidad de carga de una zona de la estructura; para decidir el momento de la apertura al tráfico de un pavimento, etc.

Respecto a la extracción de probetas testigo se llama la atención sobre el hecho de que para que sean representativas tales probetas deben poseer unas dimensiones mínimas determinadas, función del tamaño de los áridos. Esas dimensiones vienen establecidas en el método de ensayo de la UNE 7241.

En general, los resultados que dan los ensayos del tipo a) suelen quedar del lado de la seguridad, ya que el pequeño tamaño de las probetas y, por tanto, su menor inercia en todos aspectos actúa en sentido desfavorable, y el hormigón de dichas probetas suele resistir algo menos que el del elemento que ellas representan.

Existe una gran variedad de ensayos no destructivos (acústicos, esclerométricos, etc.), muchos de los cuales se encuentran todavía en evolución, por lo que se ha preferido no especificar ninguno de ellos en el articulado. El director de obra juzgará, en cada caso, sobre la idoneidad del método que se proponga, teniendo en cuenta que es condición necesaria para obtener resultados confiables el que la realización e interpretación, siempre delicadas, de estos ensayos esté a cargo de personal especializado.

En cualquier caso, la precaución de realizar ensayos no destructivos sobre probetas de la obra, en las fases de los ensayos previos, característicos o de control, permite establecer las correlaciones oportunas entre los valores dados por los ensayos destructivos y los no destructivos, que, en caso de tener que recurrir a los ensayos de información, pueden constituir un depósito de conocimientos de gran valor, especialmente al permitir, en cualquier momento, extender el campo de observación más allá de los elementos concretos de los que se hayan extraídos las probetas.

#### ARTICULO 88. CONTROL DE LA CALIDAD DEL ACERO

##### 88.1. Generalidades

En correspondencia con el valor adoptado para  $\gamma_s$ , de acuerdo con el artículo 41, se establecen los siguientes niveles para controlar la calidad del acero, tanto para las armaduras activas como para las pasivas:

- Control a nivel normal.
- Control a nivel intenso.

#### COMENTARIOS

##### 88.2. Control a nivel normal

Corresponde a  $\gamma_s = 1,15$ .

El control consiste en:

- Exigir, para cada partida que entre en obra, el certificado del fabricante que garantiza sus características, según los artículos 12 y 13.
- Tomar dos probetas por cada diámetro y partida de 20 t o fracción para armaduras pasivas y 10 t o fracción para armaduras activas, para sobre ellas:
  - Verificar que la sección equivalente cumple lo especificado en los artículos 12 y 13.
  - En caso de barras corrugadas verificar que las características geométricas de sus resaltos están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación (artículo 12).
  - Según la clase de armadura, realizar los ensayos de doblado simple a 180° y doblado y desdoblado, según los artículos 12 y 13 y las UNE 38068, 38095, 38096, 38097 y 38098.
- Determinar, al menos, en dos ocasiones durante la realización de la obra el límite elástico, carga de rotura y alargamiento en rotura, como mínimo en una probeta por cada diámetro empleado, tanto para las armaduras activas como para las pasivas.
- En el caso de existir empalmes por soldadura en las armaduras pasivas, verificar, de acuerdo con lo especificado en 88.4, la aptitud para el soldeo en obra.

#### COMENTARIOS

En el caso en que los valores que consten en el certificado del fabricante, por el que garantiza las características del acero, según los artículos 12 y 13, no correspondan con los resultados obtenidos sobre las probetas tomadas en obra, la Dirección de ésta tomará las medidas que estime oportunas.

## 66.3. Control a nivel intenso

Corresponde a  $\gamma_c = 1.1$ .

El control consiste en:

- Exigir, para cada partida que entre en obra, el certificado del fabricante por el que garantiza las características mecánicas del material, según los artículos 12 y 13.
- Tomar dos probetas por cada diámetro y partida de 20 t o fracción para armaduras pasivas y 10 t o fracción para armaduras activas, para sobre ellas:
  - Verificar que la sección equivalente cumple lo especificado en 12.1 y 13.2.
  - En caso de barras corrugadas verificar que las características geométricas de sus resaltes están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación (artículo 12).
  - Según la clase de armadura, realizar los ensayos de doblado simple a 180° y doblado desdoblado, según los artículos 12 y 13 y las UNE 36088, 36095, 36098, 36097 y 36098.
- Realizar ensayos periódicos y sistemáticos de comprobación de las características del material especificadas en los artículos 12 y 13 no menos de tres veces en el curso de la obra y con un mínimo de una comprobación por cada 50 t para las armaduras pasivas y cada 20 t para las armaduras activas. En cada comprobación se tomarán al menos dos probetas procedentes de cada diámetro y tipo utilizado.
- En el caso de existir empalmes por soldadura en las armaduras pasivas se verificará la aptitud para el soldeo en obra, según 66.4, al menos dos veces en el curso de la obra y para cada diámetro.

## COMENTARIOS

En el caso en que los valores que constan en el certificado del fabricante por el que garantiza las características del acero, según los artículos 12 y 13, no correspondan con los resultados obtenidos sobre las probetas tomadas en obra, la Dirección de ésta tomará las medidas que estime oportunas.

## 66.4. Ensayo de aptitud al soldeo en obra para armaduras pasivas

Este ensayo se realizará sobre los diámetros máximo y mínimo que se vayan a soldar.

De cada diámetro se tomarán seis probetas, realizándose con tres los ensayos de tracción y con las otras tres el de doblado simple, procediéndose de la siguiente manera:

## — Ensayo de tracción

De las tres probetas tomadas para este ensayo, una se probará soldada y las otras sin soldadura, determinando su carga total de rotura. El valor obtenido para la probeta soldada no presentará una disminución superior al 5 por 100 de la carga total de rotura media de las otras dos probetas, ni será inferior a la carga de rotura garantizada.

De la comparación de los diagramas fuerza-alargamiento correspondiente deberá resultar que, para cualquier alargamiento, la fuerza correspondientes a la barra soldada no será inferior al 85 por 100 del valor obtenido del diagrama de la barra testigo de diagrama inferior.

La base de medida del extensómetro ha de ser, como mínimo, tres veces la longitud de la oliva.

## — Ensayo de doblado simple

Se realizará sobre tres probetas soldadas, en la zona de afectación del calor (HAZ), sobre un mandril del diámetro  $D_p$ , prescrito en 12.2 si se trata de barras lisas y en la Tabla 12.3.b en el caso de barras corrugadas.

## COMENTARIOS

## ARTICULO 69. CONTROL DE DISPOSITIVOS DE ANCLAJE Y EMPALME DE LAS ARMADURAS POSTESAS

Los dispositivos del anclaje y empalme de las armaduras postesas deberán recibirse en obra acompañados por un certificado expedido por un Laboratorio Oficial donde se acredite que cumplen las condiciones especificadas en el artículo 15.

Cumplido este requisito, el control en obra se limitará a una comprobación de las características aparentes, tales como dimensiones e intercambiabilidad de las piezas, ausencia de fisuras o rebabas que supongan defectos en el proceso de fabricación, etc. De forma especial debe observarse el estado de las superficies que cumplan la función de retención de los tendones (dentado, rosca, etc.) y de las que deben deslizarse entre sí durante el proceso de penetración de la cufia.

El número de elementos sometidos a control será el mayor de los valores siguientes:

- Seis por cada partida recibida en obra.
- El 5 por 100 de los que hayan de cumplir una función similar en el pretensado de cada pieza o parte de obra.

Cuando las circunstancias hagan prever que la duración o condiciones de almacenamiento puedan haber afectado al estado de las superficies antes indicadas, deberá comprobarse nuevamente su estado antes de su utilización.

## COMENTARIOS

Se llama la atención sobre el hecho de que el certificado de ensayo pueda amparar el uso de los correspondientes dispositivos de anclaje y/o empalme en ciertas condiciones y no en otras, por ejemplo, bajo cargas estáticas y no dinámicas, hasta un valor determinado de la fuerza de pretensado, etc.

## ARTICULO 70. CONTROL DE LAS VAINAS Y ACCESORIOS PARA ARMADURAS DE PRETENSADO

Las vainas y accesorios deberán recibirse en obra acompañadas por un certificado del fabricante donde se garantice que cumplen las condiciones especificadas en el artículo 16 de esta Instrucción y de un catálogo o documento que indique las condiciones de utilización.

Cumplido este requisito, el control en obra se limitará a una comprobación de las características aparentes, tales como dimensiones, rigidez de las vainas, ausencia de abolladuras, ausencia de fisuras o perforaciones que hagan peligrar la estanquidad de éstas, etc.

En particular deberá comprobarse que al curvar las vainas, de acuerdo con los radios con que vayan a utilizarse en obra, no se produzcan deformaciones locales apreciables, ni roturas que puedan afectar a la estanquidad de las vainas.

Se recomienda asimismo comprobar la estanquidad y resistencia al aplastamiento y golpes de las vainas y piezas de unión, boquillas de inyección, trompetas de empalme, etc., en función de las condiciones en que hayan de ser utilizadas.

En cuanto a los separadores convendrá comprobar que no producirán acodamientos de las armaduras o dificultad importante al paso de la inyección.

En el caso de almacenamiento prolongado o en malas condiciones deberá observarse con cuidado si la oxidación de los elementos metálicos puede producir daños para la estanquidad o de cualquier otro tipo.

## COMENTARIOS

Dada la diversidad y heterogeneidad de elementos accesorios que se utilizan en la técnica del pretensado, no pueden darse normas concretas sobre su control, pero debe recordarse que pueden tener una gran influencia en el correcto funcionamiento del sistema de tesado y en la pieza final.

## ARTICULO 71. CONTROL DE LOS EQUIPOS DE TESADO

Los equipos de tesado deberán disponer, al menos, de dos instrumentos de medida (manómetros, dinamómetros, etc.) para poder comprobar los esfuerzos que se introduzcan en las armaduras activas.

Antes de comenzar las operaciones de tesado en cada obra se comprobará la correlación existente entre las lecturas de ambos instrumentos para diversos escalones de tensión.

El equipo de tesado deberá contrastarse en obra, mediante un dispositivo de tarado independiente de él, en los siguientes casos:

- Antes de utilizarlo por primera vez.
- Siempre que se observen anomalías entre las lecturas de los dos instrumentos propios del equipo.
- Cuando los alargamientos obtenidos en las armaduras discrepen de los previstos en cuantía superior a la especificada en el artículo 20.

- Cuando en el momento de tesar hayan transcurrido más de dos semanas desde la última contrastación.
- Cuando se hayan efectuado más de cien utilizaciones.
- Cuando el equipo haya sufrido algún golpe o esfuerzo anormal.

Los dispositivos de tarado deberán ser contrastados (al menos una vez al año) por un Laboratorio Oficial.

## COMENTARIOS

## ARTICULO 72. CONTROL DE LOS PRODUCTOS DE INYECCION

Los requisitos que habrán de cumplir los productos de inyección serán los que figurarán en el artículo 17.

Si los materiales, cemento y agua utilizados en la preparación del producto de inyección son de distinto tipo o categoría que los empleados en la fabricación del hormigón de la obra, deberán ser necesariamente sometidos a los ensayos que se indican en el artículo 59.

En cuanto a la composición de los aditivos, antes de comenzar la obra se comprobará en todos los casos, mediante los oportunos ensayos de Laboratorio, la ausencia de cloruros, sulfuros, sulfatos, nitratos u otros compuestos químicos que puedan favorecer la corrosión de las armaduras. Asimismo se comprobará el efecto que el aditivo que se piensa emplear en la obra produce en las características de calidad de la lechada o mortero, de manera que se cumplan las especificaciones del artículo 17 y del 60.4 en lo referente a su composición, calidad, marcas y tipos admisibles en la obra, viscosidad, exudación, reducción de volumen, expansión, resistencia a compresión, resistencia a la helada, etc. Se habrán de tener en cuenta las condiciones particulares de la obra en cuanto a temperatura para prevenir, si fuese necesario, la necesidad de que el aditivo tenga propiedades aireantes.

## COMENTARIOS

## CAPITULO XV

## Control de la ejecución

## ARTICULO 73. CONTROL DE LA EJECUCION

## 73.1. Generalidades

El control de la ejecución tiene por objeto garantizar el cumplimiento de las prescripciones generales del Capítulo III de esta Instrucción, más las específicas contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Corresponde a la Dirección de la obra la responsabilidad de la realización del control de la ejecución, el cual se adecuará necesariamente al nivel correspondiente, en función del valor adoptado para  $\gamma_1$  en el proyecto, y de los daños previsibles en caso de accidentes, según el artículo 41.

Se consideran en el citado artículo 41 los siguientes dos niveles para la realización del control de la ejecución.

- Control de ejecución a nivel normal.
- Control de ejecución a nivel intenso.

## COMENTARIOS

Un hormigón que a la salida de hormigonera cumpla todas las especificaciones de calidad puede ver disminuidas las mismas si su transporte, colocación y curado no son correctos. Lo mismo puede decirse respecto al corte, doblado y colocación tanto de las armaduras activas como de las pasivas, y a la precisión con que se introduzcan en éstas las tensiones iniciales previstas en el proyecto. Ya se ha indicado que cualquier irregularidad en el trazado de las armaduras activas respecto a su correcta posición modifica la distribución de tensiones en la sección transversal de la pieza y puede engendrar sollicitaciones no previstas en los cálculos, susceptibles de dañar o fisurar el hormigón. Especial importancia adquiere, por los conocidos riesgos de corrosión bajo tensión, el mantenimiento de los recubrimientos mínimos exigidos y el que la inyección de los conductos en que van alojados los tendones se realice en la forma adecuada. Además, aun realizadas las operaciones anteriores con todo cuidado es preciso comprobar las luces y dimensiones de los elementos construidos, para poder garantizar que la calidad de la obra terminada es la exigida en el proyecto. Lo mismo puede decirse respecto al corte, doblado y colocación de barras.

Básicamente, el control de la ejecución está confiado a la inspección visual de las personas que lo ejercen, por lo que su buen sentido, conocimientos técnicos y experiencia práctica

son fundamentales para lograr el nivel de calidad previsto. No obstante lo anterior, es preciso sistematizar tales operaciones de control para conseguir una eficacia elevada en el mismo, pues no siempre los defectos que puedan presentarse se detectarían, como no se haya considerado previamente la posibilidad de su presencia.

En este sentido, la Instrucción establece dos niveles, en correspondencia con el coeficiente de mayoración de las sollicitaciones, que se pondrán en práctica estableciendo una sistemática de control más o menos intensa y continuada. A título orientativo se incluye la tabla 73.1, en que se detallan las principales operaciones que deben controlarse, en correspondencia con esta Instrucción y con el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

TABLA 73.1

## Operaciones objeto de control durante la ejecución

En las operaciones que proceda se efectuará el control dimensional.

Fase de control de ejecución	Operaciones que se controlan
Previo al hormigonado	<p>Revisión de los planos de proyecto y de obra.</p> <p>Comprobación, en su caso, de hormigoneras, vibradores, maquinaria de transporte, dispositivos de tesado, equipos de inyección, máquinas de hormigonado continuo, aparatos de medida, moldes para las probetas, equipos de laboratorio, dispositivos de seguridad, medidas de seguridad, etc.</p> <p>Replanteo.</p> <p>Andamios y cimbras.</p> <p>Encofrado, moldes y bancadas de pretensado.</p> <p>Doblado de armaduras pasivas.</p> <p>Estado de vainas, anclajes, empalmes de armaduras y otros dispositivos.</p> <p>Colocación de armaduras pasivas, vainas, separadores, tendones, anclajes y sus elementos accesorios, empalmes, boquillas de inyección, tubos de purga, trompetas de empalme, etc.</p> <p>Tesado de armaduras pretesas.</p> <p>Previsión de juntas.</p> <p>Previsión de hormigonado en tiempo frío.</p> <p>Previsión de hormigonado en tiempo caluroso.</p> <p>Previsión de hormigonado bajo lluvia.</p>
Durante el hormigonado	<p>Fabricación, transporte y colocación del hormigón.</p> <p>Compactación del hormigón.</p> <p>Comprobación de inmovilidad de las armaduras y vainas.</p> <p>Juntas.</p> <p>Hormigonado en tiempo frío.</p> <p>Hormigonado en tiempo caluroso.</p> <p>Hormigonado bajo la lluvia.</p>
Posterior al hormigonado	<p>Curado.</p> <p>Descimbramiento, desencofrado y desmoldeo.</p> <p>Resistencia del hormigón antes del destesado de las armaduras pretesas o el tesado de las postesas.</p> <p>Programa de tesado y alargamiento de las armaduras activas postesas. Anclajes.</p> <p>Deslizamiento y fisuración en el momento del destesado de las armaduras pretesas y después del tesado y anclajes de las postesas.</p>

Fase de control de ejecución	Operaciones que se controlan
	Inyección de los conductos de pretensado y protección de los anclajes.
	Tolerancias en dimensiones, flechas y contraflechas, combas laterales, acabado de superficies, etcétera.
	Transporte y colocación de elementos prefabricados.
	Provisión de acciones mecánicas durante la ejecución.
	Reparación de defectos superficiales.

#### 73.2 Control de ejecución a nivel normal

Se realiza mediante frecuentes y periódicas visitas de inspección de la obra, durante las cuales se comprueba sistemáticamente, y por rotación, un conjunto parcial de operaciones correspondientes a las prescripciones de 73.1, con objeto de cubrir la totalidad en dos o tres visitas. El control del tesado de las armaduras activas y el de la ejecución de la inyección se realizará según los artículos 74 y 75.

#### COMENTARIOS

#### 73.3 Control de ejecución a nivel intenso

Se realiza mediante frecuentes, periódicas y detalladas visitas de inspección de la obra, disponiendo de un técnico facultativo permanentemente en la misma, que realiza comprobaciones continuadas y sistemáticas de la totalidad de las prescripciones de 73.1, 74 y 75.

#### COMENTARIOS

Se ha de tener en cuenta que la tabla 73.1 únicamente tiene el carácter orientativo de un memorándum, y que especialmente se han de cumplir las prescripciones contenidas tanto en el Capítulo III como en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra.

#### ARTICULO 74. CONTROL DEL TESADO DE LAS ARMADURAS ACTIVAS

Antes de iniciarse el tesado deberá comprobarse:

- en el caso de armaduras postesas, que los tendones deslizen libremente en sus conductos o vainas;
- que la resistencia del hormigón ha alcanzado, como mínimo, el valor indicado en el proyecto para la transferencia de la fuerza de pretensado al hormigón. Para ello se efectuarán los ensayos de control de la resistencia del hormigón, indicados en el artículo 68, y, si éstos no fueran suficientes, los de información, prescritos en el artículo 67.

El control de la magnitud de la fuerza de pretensado introducida se realizará, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 20, midiendo simultáneamente el esfuerzo ejercido por el gato y el correspondiente alargamiento experimentado por la armadura.

Para constancia de este control, los valores de las lecturas registradas con los oportunos aparatos de medida utilizados se anotarán en la correspondiente tabla de tesado.

En las primeras diez operaciones de tesado que se realicen en cada obra y con cada equipo o sistema de pretensado, se harán las mediciones precisas para conocer, cuando corresponda, la magnitud de los movimientos originados por la penetración de cuñas u otros fenómenos, con el objeto de poder efectuar las adecuadas correcciones en los valores de los esfuerzos o alargamientos que deban anotarse.

#### COMENTARIOS

En el caso de tendones de poca longitud, el valor del alargamiento puede ser poco significativo, por lo que el control se realizará preferentemente midiendo el esfuerzo ejercido por el gato.

#### ARTICULO 75. CONTROL DE EJECUCION DE LA INYECCION

Las condiciones que habrá de cumplir la ejecución de la operación de inyección serán las indicadas en el artículo 31 de esta Instrucción.

Se controlará el plazo de tiempo transcurrido entre la terminación de la primera etapa de tesado y la realización de la inyección.

Se harán, con frecuencia diaria, los siguientes controles:

- Un control del tiempo de amasado.
- Un control de la relación agua/cemento.
- Un control de la cantidad de aditivo utilizada.
- Un control de la viscosidad con el cono Marsch en el momento de iniciar la inyección.
- Un control de la viscosidad a la salida de la lechada por el último tubo de purga.
- Registro de temperatura ambiente máxima y mínima los días que se realicen inyecciones y en los dos días sucesivos, especialmente en tiempo frío.
- Control de que antes de cerrar sucesivamente los distintos tubos de purga ha salido todo el aire del interior de la vaina.
- Un control de la presión de inyección.
- Un control de fugas.

Cada 10 días en que se efectúen operaciones de inyección y no menos de una vez se realizarán los siguientes controles:

- Resistencia de la lechada o mortero mediante la toma de tres probetas para romper a 28 días siguiendo el método de ensayo para determinar la resistencia mecánica de los cementos, descrito en el apartado 7.6.1 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de los Cementos (RC-75).
- Exudación y reducción de volumen, de acuerdo con 17.2.

#### COMENTARIOS

En el caso de que los conductos sean de hormigón se controlará que, previamente a la inyección, se realiza la limpieza del conducto con agua y su evacuación mediante aire comprimido.

En los cables verticales se tendrá especial cuidado de evitar los peligros de la exudación siguiendo las recomendaciones del artículo 31.

#### ARTICULO 76. PRUEBAS DE LA OBRA

##### 76.1. Generalidades

En el caso en que, debido al carácter particular de la obra, convenga comprobar que la misma reúne, una vez terminada, ciertas condiciones específicas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las pruebas oportunas que deban realizarse, indicando con toda precisión tanto la forma de llevar a cabo el ensayo como el modo de interpretar los resultados.

Aparte de lo anterior se realizarán pruebas de carga de la obra en los casos previstos en 76.2, debiendo respetarse en tales pruebas las disposiciones contenidas en 76.3 y 76.4.

#### COMENTARIOS

Los ensayos sobre probetas, cualquiera que sea la cualidad del hormigón que con ellos se pretenda medir, son un procedimiento cómodo, pero no totalmente representativo del comportamiento final del hormigón de la obra. Por otra parte, el comportamiento del hormigón frente a ciertos agentes, como, por ejemplo, su mayor o menor permeabilidad al agua, es una función de diversas variables, lo suficientemente compleja para que no sea posible reproducir cuantitativamente el fenómeno en laboratorio. Por ello resulta particularmente útil, en algunos casos, el recurrir a ensayos sobre la obra ya terminada.

En general es recomendable que la realización e interpretación de las pruebas de carga se encomienden a un centro especializado.

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

15733

ORDEN de 22 de junio de 1977 por la que se modifican los tipos de la desgravación fiscal a la exportación del arroz.

Ilustrísimo señor:

La aparición de excedentes en la producción nacional de arroz y la existencia de normas específicas que regulan las campañas arroceras (Decreto 1009/1975), en especial las que

**6.2. Materias primas:**

- 6.2.1. Músculos ileo-espinales del cerdo en una sola pieza.  
 6.2.2. Tripas naturales o artificiales.  
 6.3. Condimentos y especias:  
 6.3.1. Sal.  
 6.3.2. Pimentón y/o su oleoresina.  
 6.3.3. Ajo.  
 6.3.4. Pimienta blanca y/o negra.  
 6.3.5. Orégano.  
 6.3.6. Nuez moscada.  
 6.3.7. Otras especias.

6.4. Flora microbiana: En su control bacteriológico no se podrán sobrepasar los siguientes límites:

- Salmonellas: Ausencia en 25 gramos.  
 Estafilocos, fosfatasa, DNAsa, dehidrasa negativos: Número por gramo inferior a 100.  
 Escherichia coli: Número por gramo inferior a 100.  
 Clostridium sulfito reductores: Número por gramo inferior a 100.

**7. Aditivos alimentarios.**

	Dosis máxima en el producto curado
7.1. Nitrato sódico y/o potásico .....	En las dosis permitidas por la Dirección General de Sanidad.
7.2. Nitrito sódico y/o potásico .....	En las dosis permitidas por la Dirección General de Sanidad.
7.3. Azúcares .....	Azúcar residual en el producto acabado, un máximo de 0,7 por 100.
7.4. Ácido ascórbico o sus sales .....	300 mg/kg. de producto, expresado en ácido ascórbico.

No obstante, la Dirección General de Sanidad podrá modificar esta lista de aditivos y sus dosis, por Resolución, cuando razones higiénico-sanitarias así lo aconsejen, previo informe de la Comisión Especializada de Normalización del FORPPA.

**8. Contaminantes.**

Las tolerancias de residuos de pesticidas y otros productos contaminantes en las materias primas, especias, condimentos y aditivos no deberán sobrepasar los límites permitidos en la legislación vigente.

**9. Higiene.**

9.1. La materia prima empleada procederá de animales que hayan sido sometidos a la Inspección Veterinaria ante y post mortem, así como en su ulterior manipulación, de tal modo que quedan garantizadas las disposiciones sanitarias en vigor.

9.2. Los condimentos, especias y aditivos deberán reunir las condiciones higiénico-sanitarias necesarias para evitar contaminación en el producto.

Se deberán almacenar en condiciones tales que se evite su alteración y/o contaminación.

9.3. Las tripas naturales o artificiales estarán perfectamente limpias y exentas de cualquier alteración.

9.4. Se mantendrán las condiciones necesarias higiénico-sanitarias del personal, máquinas y utensilios, para evitar contaminaciones microbianas o de productos tóxicos, que puedan producir intoxicaciones por el consumo del producto acabado.

9.5. Se comercializará el producto acabado con los requisitos higiénicos necesarios, de acuerdo con las disposiciones específicas en vigor.

**10. Clasificación.**

Para el lomo embuchado no se establecen distintas categorías de calidad. Solamente podrá mencionarse su procedencia de cerdo ibérico, cuando así ocurra.

**11. Envasado.**

Los lomos embuchados podrán presentarse envasados, ya sean enteros o troceados. Cuando el envase sea de gran tamaño, de forma que para su venta al detalle sea necesario

abrirlo, cada una de las piezas contenidas en el mismo irá provista de marchamo correspondiente, especificado en el apartado 12. «Etiquetado y marcado». En las presentaciones especiales en pequeños envases que constituyen una unidad de venta al público que se expende sin abrir, no será necesario el marchamo, pero los datos exigidos en el apartado 12 irán agrupados e impresos sobre un fondo del color correspondiente a su categoría, en el exterior del envase, en caracteres claramente legibles e indelebles. En los envases de gran tamaño, estos datos irán impresos en una etiqueta en el exterior.

El envasado del producto se hará exclusivamente en la propia industria fabricante del lomo embuchado, y los materiales y procedimientos que se empleen deberán estar debidamente autorizados por la Dirección General de Sanidad.

**12. Etiquetado y marcado.**

12.1. Para la identificación del producto, cada pieza dispuesta para la venta irá provista, salvo las excepciones establecidas en el apartado 11, de un marchamo precintado de color amarillo, en el que, con caracteres claramente legibles e indelebles, se haga constar las siguientes indicaciones:

- Nombre del producto, añadiendo, facultativamente, en su caso, la mención: «De cerdo ibérico».
- Nombre o razón social de la Entidad productora y localidad de fabricación.
- Número de registro de la industria.
- Lista, en orden decreciente, de aditivos.
- Fecha de envasado, en su caso, expresando número de la semana y última cifra del año.

12.2. Cuando en etiquetas, vitolas, etc., unidas al producto, se hagan constar marcas comerciales, reclamos publicitarios o cualquier otra mención, éstas no supondrán una contradicción a lo expresado en el marchamo, ni darán lugar a confusiones en el consumidor.

12.3. En los establecimientos minoristas, estos marchamos permanecerán en la pieza hasta que finalice su despacho.

**14406**

INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado; aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Continuación.)

**76.2. Realización de pruebas de carga**

Salvo indicación en contrario de la reglamentación específica de un tipo de estructura o del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, no será necesario someter a pruebas de carga las obras, proyectadas y construidas con arreglo a la presente Instrucción, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista.

Si el Pliego antes mencionado impone la realización de pruebas de carga deberá establecer los siguientes puntos:

- Zonas de la obra que deben cargarse.
- Magnitudes que deben medirse.
- Métodos de medida utilizables.
- Puntos o zonas donde debe medirse.
- Condiciones de carga o descarga.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares no impone la realización de pruebas de carga, pero se está en el caso del párrafo b) de 66.4, será el director de obra, de acuerdo con el autor del proyecto, quien establezca los puntos antes dichos.

**COMENTARIOS****76.3. Forma de realizar las pruebas de carga**

Como norma general no se realizarán pruebas de carga antes de que el hormigón haya alcanzado una resistencia igual, por lo menos, a la considerada en el cálculo.

La carga de prueba no deberá exceder, en ningún caso, de la carga característica tenida en cuenta en el cálculo.

Si la prueba se realiza con cargas fijas se evitará cualquier choque o vibración que pueda afectar desfavorablemente al elemento que se ensaya; y se dispondrán las cargas de manera que no se produzcan efectos de arco o bóveda susceptibles de transmitir, directamente a los apoyos, una parte de la carga aplicada.

Si la prueba se realiza con cargas móviles, éstas deberán aplicarse a una velocidad lo más parecida posible a la prevista para las cargas reales de utilización de la obra. Por otra parte, salvo expresa indicación en contrario del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se admitirá siempre sustituir los esfuerzos dinámicos previstos en el cálculo por la carga estática equivalente.

Los aparatos de medida se dispondrán unidos a soportes bien firmes y estables, colocándolos, en la medida de lo posible, abrigados de la intemperie y alejados de cualquier influencia extraña que pueda deformarlos o hacerlos entrar en vibración.

COMENTARIOS

Para definir el momento en que pueden realizarse las pruebas se recurrirá a ensayos de información (véase artículo 67), con objeto de comprobar que la resistencia del hormigón en el momento elegido no es inferior a la de proyecto.

El modo de aplicación de las cargas debe ser tal que se produzcan los máximos esfuerzos en las secciones consideradas como críticas. Debe tenerse en cuenta la posibilidad de que los elementos vecinos colaboren a la resistencia del elemento que se ensaya. Por otra parte, deben adoptarse toda clase de precauciones para evitar un posible accidente en el transcurso de la prueba.

Conviene aplicar las cargas por sucesivos incrementos, dividiendo para ello la carga total, si es posible, en cuatro partes por lo menos. Desde que finaliza la aplicación de una fracción de carga hasta que se inicia la de la siguiente deberán dejarse transcurrir intervalos, sensiblemente iguales, que resulten suficientes para lograr una estabilización de las deformaciones y de quince minutos de duración como mínimo. Una vez completada la carga total se dejarán pasar una hora antes de retirarla, observándose cualquier defecto o fisura que pudiese aparecer.

Especialmente se llama la atención sobre el posible efecto perturbador de la temperatura y, en particular, del soleamiento sobre los aparatos y dispositivos de medida. Tales causas pueden provocar igualmente variaciones de deformación en los elementos de la obra que se ensaya.

76.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de carga

El resultado de la prueba se considerará satisfactorio si se cumplen las tres condiciones siguientes:

- a) En el transcurso del ensayo no se producen fisuras que no correspondan a lo previsto en el proyecto, cuya amplitud pueda comprometer la seguridad o la durabilidad de la obra.
- b) Las flechas medidas no exceden de los valores establecidos en el proyecto como máximos compatibles con la correcta utilización de la obra.
- c) La flecha residual después de retirar la carga, habida cuenta del tiempo en que esta última se ha mantenido, es lo suficientemente pequeña como para estimar que la obra presenta un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición deberá satisfacerse tras el primer ciclo de carga-descarga o, en su defecto, tras un segundo ciclo que se permite realizar a tal propósito.

COMENTARIOS

Como norma general, tras un primer ciclo de carga-descarga total, la flecha residual estabilizada debe ser inferior al quinto de la flecha total medida bajo carga total. Si no es así se procederá a un segundo ciclo de carga-descarga, al cabo del cual la flecha residual estabilizada debe ser inferior al octavo de la flecha total medida bajo carga en este segundo ciclo.

Pueden admitirse pequeñas variaciones en torno a los valores mencionados, según el tipo de elemento que se ensaye y según la importancia relativa de la sobrecarga respecto a la carga permanente.

Para una mejor interpretación de los resultados se recomienda medir los movimientos más característicos que se hayan producido durante la realización de las pruebas y registrar al mismo tiempo la temperatura y humedad del ambiente, las condiciones de soleamiento y cuantos detalles puedan influir en los resultados de las medidas.

La dirección de todas las operaciones que constituyen el ensayo, la cuidadosa toma de datos y la interpretación de los resultados deben estar a cargo de personal especializado en esta clase de trabajos.

PARTE II

Anejos

ANEJO 1

Notación

En esta Instrucción sólo se incluyen en el presente Anejo los símbolos que en la misma se utilizan con más frecuencia.

Para la formación de tales símbolos se han seguido las reglas generales incluidos en el Anejo análogos de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-73.

Símbolos más frecuentes utilizados en la Instrucción:

Mayúsculas romanas

- A = Área.
- A<sub>0</sub> = Área de la sección del hormigón.
- A<sub>tr</sub> = Área de la zona de la sección del hormigón sometida a tracción.
- A<sub>e</sub> = Área efectiva.
- A<sub>1</sub> = Sección recta inicial.
- A<sub>T</sub> = Sección total de las armaduras activas.
- A<sub>T'</sub> = Sección total de las armaduras activas en zona de compresión.
- A<sub>1</sub> = Área de la sección de la armadura en tracción (simplificación: A).
- A<sub>11</sub> = Área de la sección de la armadura en tracción o menos comprimida (simplificación: A<sub>1</sub>).
- A<sub>2</sub> = Área de la sección de la armadura en compresión o más comprimida (simplificación: A<sub>2</sub>).
- A<sub>2, nec</sub> = Sección necesaria del acero.
- A<sub>2, real</sub> = Sección real del acero.
- A<sub>tr</sub> = Área de la sección de la armadura transversal (simplificación: A<sub>1</sub>).
- C = Momento de inercia de torsión.
- E = Módulo de deformación.
- E<sub>c</sub> = Módulo de deformación del hormigón.
- E<sub>1</sub> = Módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón a la edad de *t* días.
- E<sub>1</sub> = Módulo instantáneo de deformación longitudinal secante.
- E = Módulo de elasticidad del acero.
- F = Acción.
- F<sub>d</sub> = Valor de cálculo de una acción.
- F<sub>sk</sub> = Valor de la acción sísmica.
- F<sub>t</sub> = Valor característico de una acción.
- F<sub>m</sub> = Valor medio de una acción.
- G = Carga permanente. Otro significado: módulo de elasticidad transversal.
- G<sub>k</sub> = Valor característico de la carga permanente.
- I = Momento de inercia.
- K = Cualquier coeficiente con dimensiones.
- L = Longitud.
- M = Momento flector.
- M<sub>d</sub> = Momento flector de cálculo.
- A' = Área de la sección de la armadura en compresión (simplificación: A').
- M<sub>r</sub> = Momento de fisuración en flexión simple.
- M<sub>u</sub> = Momento flector último.
- N = Esfuerzo normal.
- N<sub>d</sub> = Esfuerzo normal de cálculo.
- N<sub>u</sub> = Esfuerzo normal último.
- P = Fuerza de pretensado, carga de rotura.
- P<sub>k</sub> = Valor característico de la fuerza de pretensado.
- P<sub>st</sub> = Valor característico final de la fuerza de pretensado.
- P<sub>st</sub> = Valor característico inicial de la fuerza de pretensado.
- P<sub>o</sub> = Fuerza de tesado.
- Q = Carga variable.
- Q<sub>k</sub> = Valor característico de Q.
- S = Solicitación. Otro significado: momento de primer orden de un área.
- S<sub>k</sub> = Valor de cálculo de la solicitación.
- T = Momento torsor. Otro significado: temperatura.
- T<sub>d</sub> = Momento torsor de cálculo.
- T<sub>u</sub> = Momento torsor último.
- U<sub>c</sub> = Capacidad mecánica del hormigón.
- U<sub>s</sub> = Capacidad mecánica del acero (simplificación: U).
- V = Esfuerzo cortante. Volumen.
- V<sub>u</sub> = Contribución del hormigón a esfuerzo cortante en el estado límite último.
- V<sub>d</sub> = Esfuerzo cortante de cálculo.

- $V_u$  = Contribución del acero a esfuerzo cortante en el estado límite último.
- $V_c$  = Esfuerzo cortante último ( $V_u = V_{cu} + V_{su}$ ).
- $W$  = Carga de viento. Otro significado: módulo resistente.
- $X$  = Reacción o fuerza en general, paralela al eje x.
- $Y$  = Reacción o fuerza en general, paralela al eje y.
- $Z$  = Reacción o fuerza en general, paralela al eje z.

*Minúsculas romanas*

- $a$  = Distancia. Otro significado: flecha.
- $b$  = Anchura; anchura de una sección rectangular.
- $b_c$  = Anchura eficaz de la cabeza de una sección en T.
- $b_w$  = Anchura del alma o nervio de una sección en T.
- $c$  = Recubrimiento.
- $c_h$  = Recubrimiento horizontal o lateral.
- $c_v$  = Recubrimiento vertical.
- $d$  = Altura útil. Otro significado: diámetro.
- $d'$  = Distancia de la fibra más comprimida del hormigón al centro de gravedad de la armadura de compresión ( $d' = d_j$ ).
- $e$  = Excentricidad. Espesor ficticio.
- $f$  = Resistencia. Flecha.
- $f_c$  = Resistencia del hormigón a compresión.
- $f_{cd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón a compresión.
- $f_{ctm}$  = Resistencia del hormigón a flexotracción.
- $f_{ct}$  = Resistencia del hormigón a compresión, a los  $j$  días de edad.
- $f_{ck}$  = Resistencia de proyecto del hormigón a compresión.
- $f_{cm}$  = Resistencia media del hormigón a compresión.
- $f_{cr}$  = Resistencia característica real del hormigón.
- $f_{ct}$  = Resistencia del hormigón a tracción.
- $f_{ctd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón a tracción.
- $f_{ctk}$  = Resistencia característica del hormigón a tracción.
- $f_{ctv}$  = Resistencia virtual de cálculo del hormigón a esfuerzo cortante.
- $f_{est}$  = Resistencia característica estimada.
- $f_j$  = Resistencia característica a compresión del hormigón a  $j$  días de edad.
- $f_{max}$  = Carga unitaria máxima a tracción.
- $f_{max,t}$  = Carga unitaria de rotura del acero de las armaduras activas.
- $f_{0,2}$  = Límite elástico convencional, a 0,2 por 100, de un acero deformado en frío.
- $f_{pd}$  = Resistencia de cálculo de las armaduras activas.
- $f_{py}$  = Límite elástico aparente de las armaduras activas.
- $f_u$  = Carga unitaria de rotura del acero.
- $f_{td}$  = Resistencia de cálculo en tracción del acero de los cercos o estribos.
- $f_y$  = Límite elástico aparente de un acero natural. Límite elástico convencional, a 0,2 por 100, de un acero deformado en frío. A este último también se le llama  $f_{0,2}$ .
- $f_{yd}$  = Resistencia de cálculo de un acero.
- $f_{yk}$  = Límite elástico de proyecto de las armaduras activas.
- $f_z$  = Carga permanente repartida. Otro significado: aceleración debida a la gravedad.
- $a$  = Canto total o diámetro de una sección. Otros significados: espesor, horas.
- $b_s$  = Espesor de la placa de una sección en T.
- $r$  = Radio de giro.
- $t$  = Número de días.
- $k$  = Cualquiera coeficiente con dimensiones.
- $l$  = Longitud. Luz.
- $l_a$  = Longitud de anclaje.
- $l_p$  = Longitud de pandeo.
- $l_s$  = Distancia entre puntos de momento nulo.
- $m$  = Momento flector por unidad de longitud o de anchura.
- $n$  = Número de objetos considerados. Otro significado: coeficiente de equivalencia.
- $q$  = Carga variable repartida.
- $r$  = Radio.
- $s$  = Espaciamiento. Desviación típica.
- $s_c$  = Separación entre planos de armaduras transversales.
- $u$  = Perímetro.
- $w$  = Anchura de fisura.
- $x$  = Coordenada. Profundidad del eje neutro.
- $y$  = Coordenada. Profundidad del diagrama rectangular de tensiones.
- $z$  = Coordenada. Brazo de palanca.

*Minúsculas griegas*

- Alfa**  $\alpha$  = Angulo-coeficiente adimensional.
- Beta**  $\beta$  = Angulo-coeficiente adimensional.

- Gamma**  $\gamma$  = Coeficiente de ponderación o seguridad. Peso específico.
- $\gamma_m$  = Coeficiente de minoración de la resistencia de los materiales.
- $\gamma_c$  = Coeficiente de seguridad o minoración de la resistencia del hormigón.
- $\gamma_s$  = Coeficiente de seguridad o minoración del límite elástico del acero.
- $\gamma_f$  = Coeficiente de seguridad o ponderación de las acciones o solicitaciones.
- $\gamma_{fs}$  (o  $\gamma_f$ ) = Coeficiente de ponderación de la carga permanente.
- $\gamma_{fv}$  (o  $\gamma_v$ ) = Coeficiente de ponderación de la carga variable.
- $\gamma_{fw}$  (o  $\gamma_w$ ) = Coeficiente de ponderación de la carga de viento.
- $\gamma_c$  = Coeficiente de seguridad o ponderación complementario de las acciones o solicitaciones.
- $\gamma_c$  = Coeficiente de seguridad a la fisuración.
- Delta**  $\delta$  = Coeficiente de variación.
- Epsilon**  $\epsilon$  = Deformación relativa.
- $\epsilon_c$  = Deformación relativa del hormigón.
- $\epsilon_{cs}$  = Deformación relativa de fluencia.
- $\epsilon_{cp}$  = Deformación del hormigón bajo la acción del pretensado total.
- $\epsilon_{cs}$  = Deformación relativa de retracción.
- $\epsilon_{cu}$  = Deformación de rotura por flexión del hormigón.
- $\epsilon_{max}$  = Alargamiento bajo carga máxima.
- $\epsilon_p$  = Deformación de las armaduras activas.
- $\epsilon_{ps}$  = Deformación de la armadura activa adherente bajo la acción del pretensado total.
- $\epsilon_{s1}$  = Valor final de la retracción del hormigón a partir de la introducción del pretensado.
- $\epsilon_s$  = Deformación relativa del acero.
- $\epsilon_{s1}$  = Deformación relativa de la armadura más traccionada o menos comprimida ( $\epsilon_s$ ).
- $\epsilon_{s2}$  = Deformación relativa de la armadura más comprimida o menos traccionada ( $\epsilon_s$ ).
- $\epsilon_{sr}$  = Alargamiento remanente concentrado de rotura.
- $\epsilon_T$  = Alargamiento correspondiente al límite elástico del acero.
- Eta**  $\eta$  = Coeficiente de reducción relativo al esfuerzo cortante. Estricción.
- Theta**  $\theta$  = Angulo.
- Lambda**  $\lambda$  = Coeficiente adimensional.
- Mu**  $\mu$  = Momento flector reducido o relativo.
- Nu**  $\nu$  = Esfuerzo normal reducido o relativo.
- Xi**  $\xi$  = Coeficiente sin dimensiones.
- Rho**  $\rho$  = Cuantía geométrica =  $A_s/A_c$ ; relajación del acero.
- $\rho_t$  = Valor final de la relajación del acero.
- Sigma**  $\sigma$  = Tensión normal.
- $\sigma_c$  = Tensión en el hormigón.
- $\sigma_p$  = Tensión en las armaduras activas.
- $\sigma_{pt}$  = Tensión inicial en las armaduras activas.
- $\sigma_s$  = Tensión en el acero.
- $\sigma_{s1}$  = Tensión de la armadura más traccionada o menos comprimida ( $\sigma_s$ ).
- $\sigma_{s2}$  = Tensión de la armadura más comprimida o menos traccionada ( $\sigma_s$ ).
- $\sigma_1$  = Tensión principal de tracción.
- $\sigma_n$  = Tensión principal de compresión.
- Tau**  $\tau$  = Tensión tangente.
- $\tau_a$  = Tensión de adherencia.
- $\tau_{bm}$  = Tensión media de adherencia.
- $\tau_{br}$  = Tensión de rotura de adherencia.
- $\tau_c$  = Tensión tangente del alma.
- $\tau_{cd}$  = Valor de cálculo de  $\tau_c$ .
- $\tau_{cu}$  = Valor último de la tensión tangente del alma.
- $\tau_{td}$  = Valor de cálculo de la tensión tangente de torsión.
- $\tau_u$  = Valor último de la tensión tangente de torsión.

Phi	$\phi$	= Coeficiente adimensional.
	$\phi_t$	= Coeficiente de evolución de la fluencia en un tiempo t.
Psi	$\psi$	= Coeficiente adimensional.
Omega	$\omega$	= Cuanía mecánica $\omega = A_s \cdot f_{rd}/A_c \cdot f_{ca}$ .

#### Símbolos matemáticos y especiales

$\Sigma$	= Suma.
$\Delta$	= Diferencia-incremento.
$\phi$	= Diámetro de una barra lisa.
$\phi_c$	= Diámetro de una barra corrugada.
$\phi^d$	= Diámetro del tendón.
$\succ$	= No mayor que.
$\prec$	= No menor que.
$\Delta P_i$	= Pérdidas instantáneas de fuerza.
$\Delta P_{dif}$	= Pérdidas diferidas de fuerza.
$\Delta P_r$	= Pérdidas de fuerza por rozamiento.
$\Delta P_p$	= Pérdidas de fuerza por penetración de cuñas.
$\Delta P_e$	= Pérdidas de fuerza por acortamiento elástico del hormigón.
$\Delta P_{ef}$	= Pérdidas finales por retracción del hormigón.
$\Delta P_{sf}$	= Pérdidas finales por fluencia del hormigón.
$\Delta P_{af}$	= Pérdidas finales por relajación del acero.

## ANEJO N.º 2

### Definiciones

#### ANEJO 2

##### Definiciones propias del hormigón pretensado

**Acoplamiento del anclaje pasivo.**—Movimiento de las armaduras en el anclaje pasivo al comenzar el tesado por el extremo contrario del tendón. Este recorrido debe tenerse en cuenta para la determinación del alargamiento de las armaduras. En los anclajes muertos no debe producirse este movimiento.

**Alargamiento.**—Incremento de longitud. En esta Instrucción se emplea este término para indicar el de las armaduras activas por efecto de la carga introducida en ellas por el gato.

**Alargamiento concentrado.**—Alargamiento remanente de rotura medido sobre una base que, por incluir la sección de rotura y zonas adyacentes, resulta afectada por una posible estricción.

**Alargamiento remanente de rotura.**—Aumento de la longitud inicial de la base de medida que permanece después de la rotura de una probeta de acero ensayada a tracción, expresado en tanto por ciento de dicha longitud inicial.

**Alargamiento repartido.**—Alargamiento remanente de rotura medido sobre una base que no incluye la sección de rotura ni las zonas afectadas por una posible estricción.

**Anclaje.**—Dispositivo de sujeción de las armaduras activas, mediante el cual se transmite permanentemente al hormigón la fuerza de pretensado. Es propio de cada sistema de pretensado.

**Anclaje activo o móvil.**—Anclaje situado en el extremo del tendón por el que se efectúa el tesado.

**Anclaje pasivo o fijo.**—Anclaje situado en el extremo del tendón por el que no se tesa. Puede ser accesible o inaccesible.

En este último caso si se ha hormigonado antes del tesado se llama también anclaje muerto.

**Anchura bruta o espesor bruto del alma de una pieza en una fibra determinada.**—Valor de la anchura o espesor del alma de una pieza, a la altura de la fibra considerada, obtenido a partir de las dimensiones reales de la pieza, sin deducción de los huecos correspondientes a las armaduras activas ni solidarización de las pasivas.

**Anchura neta o espesor neto del alma de una pieza en una fibra determinada.**—Valor que resulta deduciendo de la anchura o espesor bruto la suma de diámetros de los conductos de pretensado situados en la fibra considerada.

**Armaduras activas.** Armaduras de acero de alta resistencia, mediante las cuales se introduce la fuerza de pretensado en una estructura o un elemento estructural.

Pueden estar constituidas por: alambres, barras, torzales, cordones o cables.

La definición de estos elementos es la siguiente:

**Alambre:** Producto de sección maciza, de pequeño diámetro y gran longitud, que se suministra en rollos.

**Barra:** Producto de sección maciza, que se suministra solamente en forma de elementos rectilíneos.

**Torzal:** Conjunto formado por dos o tres alambres arrollados helicoidalmente.

**Cordón:** Conjunto formado por más de tres alambres arrollados helicoidalmente alrededor de un eje central que puede o no estar materializado por otro alambre.

**Cable:** Conjunto formado por cordones arrollados helicoidalmente alrededor de un núcleo central o alma que actúa como soporte. Dicho núcleo puede estar constituido por un muelle helicoidal, un alambre, un cordón u otro cable.

**Armaduras pasivas.**—Armaduras no sometidas a tensión previa. Son las utilizadas en hormigón armado.

**Bloque de anclaje.**—En los sistemas que utilizan anclaje de cuña, agrupación de varios conos hembra formando una sola pieza.

**Boquillas de inyección.** Piezas que sirven para introducir el producto de inyección en los conductos en que se alojan las armaduras activas.

**Cabeza de anclaje.**—Conjunto formado por el anclaje y sus elementos accesorios, incluidos los necesarios para asegurar la eficacia del anclaje y la integridad local del hormigón tras el mismo. Dichas cabezas son características de cada sistema.

**Coefficiente de eficacia de un tendón anclado.**—Relación entre la carga de rotura del tendón anclado y el valor medio de la carga máxima que es capaz de resistir el tendón en el ensayo normalizado de tracción de los aceros.

**Conducto de pretensado.**—Hueco que se deja en el interior de las piezas pretensadas con armaduras postesas, para alojar en él dichas armaduras. Puede formarse por distintos procedimientos; el más corriente consiste en utilizar vainas metálicas.

**Cono hembra.**—En los sistemas que utilizan anclaje de cuña, pieza exterior del anclaje cuando esta pieza va aislada. En el caso de agruparse varios conos hembra formando una sola pieza se denomina bloque de anclaje.

**Cono macho.**—Pieza interior del anclaje, en los sistemas que utilizan anclaje de cuña.

**Deslizamiento de armaduras activas en el anclaje.**—Movimiento relativo de las armaduras activas respecto a la cuña en el momento del anclaje o después de efectuado éste. Constituye un fallo parcial del anclaje y no debe confundirse con la penetración de cuña.

**Destesar o destesado.**—En piezas pretensadas con armaduras postesas se llama así a la acción consistente en reducir o anular de forma controlada la carga de tesado de una armadura activa previamente anclada.

En piezas pretensadas con armaduras postesas se denomina destesado a la operación que consiste en soltar las armaduras de sus anclajes provisionales extremos, en los bancos de prefabricación, para transferir la fuerza de pretensado al hormigón.

**Dispositivo de empalme.**—Pieza o piezas, características de cada sistema de pretensado, que se utilizan para enlazar los extremos adyacentes de dos tendones en prolongación, consiguiendo así un tendón de longitud mayor. Se le llama también simplemente «empalme».

Existen varios tipos de empalmes, que se distinguen por su colocación y la función que desempeñan. Son los siguientes:

**Empalmes especiales:** Sirven para dar continuidad a tendones o partes de los mismos en los que inicialmente no estaba prevista esta continuidad. Los hay de dos clases: unos permiten dar continuidad unidireccional al alambre o elemento que unen, pero desde ellos no es posible tesar, y otros, además de empalmar los dos elementos separados, permiten darles tensión aplicando el gato al propio dispositivo de empalme.

**Empalmes lineales:** Empalmes de alambres, torzales o cordones de uso corriente en las bancadas de prefabricación de elementos con armaduras postesas. Consisten en dos manguitos roscados, en cada uno de los cuales se aloja un dispositivo de anclaje (de cuñas, cabezas recalçadas, etc.). Estos manguitos sujetan los extremos adyacentes de los alambres, torzales o cordones que se quieren empalmar; y pueden unirse mediante un vástago o tubo roscado que enrosca en los dos manguitos simultáneamente. Estos empalmes dan continuidad unidireccional a las armaduras, pero desde ellos no es posible tesar.

**Empalmes móviles o de tendón:** Sirven para prolongar un tendón. Este termina en una pieza que se conecta al extremo pasivo del tendón de prolongación. Estos empalmes pueden colo-

carce sucesivamente hasta llegar al último tendón de prolongación, en cuyo extremo final se coloca un anclaje activo. El conjunto de los tendones empalmados pasa así a constituir una nueva unidad de tensión que se tesa de una sola vez.

**Empalmes fijos o de anclaje:** Dispositivos que dan continuidad al tendón a través del anclaje, conectando el anclaje activo de un tendón con el pasivo del tendón que se añade.

**Doblado alternativo.**—Ensayo en el que cada doblado-desdoblado se efectúa en sentido contrario al del anterior.

**Doblado-desdoblado.**—Operación de curvar una barra o alambre sobre el mandril del diámetro indicado en el correspondiente método de ensayo, hasta formar un ángulo de 90°, enderezándolo después hasta recuperar su posición inicial.

**Envoltura.**—Forro de los tendones no adherentes. Generalmente se coloca sobre el revestimiento o directamente en contacto con el tendón.

**Equipo de inyección.**—Conjunto de aparatos y elementos auxiliares con los que se realiza la inyección. En general consta de mezcladora, batidora, bomba, boquillas y otros elementos auxiliares.

**Escalón de cedencia.**—Zona en el gráfico tensión-deformación del acero en la que tiene lugar un aumento de deformación sin incremento de cargas.

**Estado de neutralización.**—Es el que resulta de considerar la sección de una pieza de hormigón, sin solicitaciones exteriores y aplicada la fuerza de neutralización del pretensado.

**Estado límite.**—Cualquier situación que, al ser alcanzada por una estructura o parte de ella, la pone fuera de servicio, es decir, en condiciones tales que deja de cumplir alguna de las funciones para las que fue proyectada.

**Estado límite último.**—Es aquel que corresponde al colapso total o parcial de la estructura.

**Estado límite de utilización (o de servicio).**—Es aquel que viene definido por los requisitos funcionales y de durabilidad que deba cumplir la obra en servicio.

**Estado límite de descompresión.**—Es el estado límite de utilización definido por la condición de que la tensión en la fibra menos comprimida del hormigón es igual a cero.

**Estado límite de aparición de fisuras.**—Es el estado límite de utilización caracterizado por la condición de que aparecen tracciones de un determinado valor máximo en la fibra menos comprimida.

**Estado límite de fisuración controlada.**—Es el estado límite de utilización definido por la condición de que la anchura máxima probable de fisura es inferior a un determinado valor.

**Fuerza de neutralización del pretensado.**—Es aquella que, aplicada sobre una sección de la pieza, en ausencia de solicitaciones exteriores, anula las tensiones que la fuerza de pretensado origina sobre el hormigón.

**Gato de tesado.**—Aparato, característico de cada sistema de pretensado, con el que se tesan las armaduras activas. En el lenguaje usual se le suele llamar simplemente gato.

**Hormigón pretensado. Elemento de.**—Se entiende por elemento de hormigón pretensado aquel que se somete, antes de su puesta en servicio, a la acción de un sistema de esfuerzos permanentes creados artificialmente, llamados esfuerzos de pretensado, tales que, compuestos con los esfuerzos correspondientes a las solicitaciones de servicio, originan estados tensionales y de deformación compatibles con los límites establecidos.

**Hormigón pretensado con armaduras pretesas. Elementos de.**—En ellos el hormigonado se efectúa después de haber tesado las armaduras sobre una base fija. Cuando el hormigón ha fraguado y adquirido la suficiente resistencia, se destesan las armaduras de sus anclajes provisionales extremos y, por adherencia, se transmite al hormigón el esfuerzo previo introducido en dichas armaduras.

**Hormigón pretensado con armaduras postesas. Elemento de.**—En ellos se hormigona primero la pieza, disponiendo conductos o vainas para alojar las armaduras, que se tesan y anclan cuando el hormigón ha adquirido la resistencia suficiente. En el momento de dejar ancladas las armaduras al hormigón se transmite a éste el esfuerzo de pretensado.

**Inyección.**—Operación que consiste en rellenar los conductos de pretensado con un producto adecuado para proteger las armaduras activas contra la corrosión. Salvo en el caso de productos de inyección no adherentes, esta operación sirve además para asegurar la adherencia de dichas armaduras al hormigón de la pieza.

A veces se llama también inyección al producto de inyección propiamente dicho.

**Lechada de inyección.**—Mezcla de cemento y agua, de carácter coloidal, con o sin aditivos.

**Longitud de anclaje.**—En los anclajes por adherencia, longitud necesaria para garantizar la resistencia del anclaje hasta la rotura del acero.

**Longitud de transmisión.**—En los anclajes por adherencia, longitud necesaria para transferir al hormigón, por adherencia, la totalidad de la carga de tesado aplicada a la armadura.

**Maduración.**—En el curado por calor, producto de la temperatura, en grados centígrados, a que se somete la pieza, por el tiempo durante el cual actúa esta temperatura, si ésta es constante; o la integral del gráfico temperatura-tiempo en el caso de temperatura variable.

**Manguito de empalme de vainas.**—Segmento de vaina utilizada para unir dos trozos de ésta.

**Mortero de inyección.**—Mezcla de cemento, agua y árido, con o sin aditivos.

**Operación de tesado.**—Conjunto de acciones necesarias para tesar las armaduras activas. En los casos normales, cuando el tesado se realiza mediante gatos, esta operación empieza con la sujeción de dichas armaduras al gato y termina cuando éstas quedan ancladas. Se le llama también simplemente tesado.

**Penetración de la cuña.**—Movimiento solidario de la cuña y las armaduras activas hacia el interior del cono hembra, durante el anclaje, por efecto de la tensión de dichas armaduras, y que constituye una parte esencial del proceso de anclaje. Su magnitud es una de las características de cada sistema de pretensado.

**Piaca de reparto.**—Pieza metálica que se intercala entre el anclaje y la superficie de hormigón del elemento que se va a pretensar, para que la fuerza introducida al tesar las armaduras activas se distribuya de forma que las tensiones originadas en el hormigón no excedan de los valores admisibles.

**Procedimiento de pretensado.**—Proceso de introducción de la fuerza de pretensado en el hormigón mediante armaduras activas. Pueden utilizarse dos procedimientos diferentes: el pretensado mediante armaduras pretesas y el pretensado mediante armaduras postesas.

**Programa de tesado.**—Documento incluido en el proyecto de las estructuras de hormigón pretensado y que tiene por objeto definir el orden en que deberán realizarse las distintas operaciones de tesado de las armaduras activas y la magnitud de la carga de tesado introducida en cada una de ellas.

**Recorrido por ajuste del anclaje pasivo.**—Movimiento de las armaduras en el anclaje pasivo, al comenzar el tesado por el extremo contrario del tendón. Este recorrido debe tenerse en cuenta para la determinación del alargamiento de las armaduras. En los anclajes muertos este movimiento no debe existir.

**Relajación.**—Pérdida de tensión que a lo largo del tiempo experimenta una armadura tesa, mantenida a longitud y temperatura constantes. Se expresa en tanto por ciento de la tensión inicial a que se somete la armadura.

**Respiraderos.**—Ver «Tubos de purga».

**Retesar.**—Volver a tesar un tendón que ya ha sido tesado anteriormente.

**Revestimiento.**—Productos con que se recubren los tendones no adherentes, eficaz y permanentemente, para protegerlos y/o lubricarlos y que permiten el movimiento longitudinal de dichos tendones respecto al hormigón del elemento en que van dispuestos.

**Rozamiento en zona curva del trazado.**—Fuerza de rozamiento que se origina por la curvatura del trazado teórico de las armaduras activas.

**Rozamiento en puntos angulosos del trazado.**—Fuerza de rozamiento que se produce en los puntos angulosos del trazado de las armaduras activas y que origina deformaciones plásticas en dichas armaduras, con la consiguiente pérdida en su carga de tesado.

**Rozamiento parásito.**—Fuerzas de rozamiento que se originan, incluso en las partes rectas del trazado de las armaduras activas, por las inevitables desviaciones de los conductos respecto a su trazado teórico, debidas a pequeños defectos o inexactitudes cometidos durante la ejecución de la pieza.

**Sección bruta de una pieza.**—Es la que resulta de considerar las dimensiones reales de la pieza, sin deducción de los huecos correspondientes a las armaduras activas ni solidarización de las pasivas.

**Sección homogeneizada de una pieza.**—Es la que se obtiene a partir de la sección neta, solidarizando las armaduras activas longitudinales adherentes mediante la aplicación de los oportunos coeficientes de equivalencia.

**Sección neta de una pieza.**—Es la que se obtiene a partir de la sección bruta, deduciendo los huecos longitudinales practicados en el hormigón, tales como conductos o entalladuras para el paso de las armaduras activas postesas o colocación de sus anclajes, y solidarizando las armaduras pasivas mediante la aplicación de los correspondientes coeficientes de equivalencia.

**Separadores.** Piezas generalmente metálicas o de plástico que, en algunos casos, se emplean para distribuir uniformemente dentro de las vainas las distintas armaduras constituyentes del tendón.

**Sistema de pretensado.**—Conjunto de piezas y aparatos necesarios para tesar y anclar las armaduras activas postesas y transmitir la fuerza de pretensado al hormigón. No debe confundirse con procedimiento de pretensado.

**Suministrador del sistema de pretensado.**—Empresa que explota, comercial o industrialmente, un determinado sistema de pretensado.

**Tabla de tesado.**—Impreso, con el correspondiente encasillado, en el que se anotan, por una parte, todos los datos del programa de tesado incluido en el proyecto, así como los necesarios para la identificación de cada tendón, y, por otra, los resultados registrados durante la ejecución del tesado.

**Tapón.**—Obstrucción involuntaria de un conducto de pretensado que impide el paso normal de la inyección.

**Tendón.**—Conjunto de las armaduras de pretensado alojadas dentro de un mismo conducto o vaina; en los estudios teóricos se considera como una sola armadura. También recibe el nombre de unidad de tensión. En algunos casos, si bien impropiamente, se le denomina cable. Los tendones pueden ser adherentes y no adherentes.

**Tendón adherente.**—Es aquel que se protege de la corrosión con una lechada o mortero de cemento que al mismo tiempo garantiza la adherencia entre las armaduras y el hormigón de la pieza.

**Tendón completo.**—Conjunto de armaduras activas, vainas, dispositivos de anclaje activos o pasivos y, eventualmente, otros accesorios, preparados y ensamblados de forma que puedan ser colocados directamente en las obras antes del hormigonado.

**Tendón no adherente.**—Es el que se protege contra la corrosión con un revestimiento (betún, mástique, etc.) que no produce adherencia entre las armaduras y el hormigón de la pieza.

#### Tensiones en las armaduras activas:

**Tensión de anclaje:** Es la tensión de tesado medida en el instante anterior al bloqueo del anclaje.

**Tensión de cálculo:** Tensión estimada en el cálculo, para las armaduras activas, en una sección dada y en una determinada fase del proceso de construcción, o de la vida de la pieza o estructura.

**Tensión de tesado.**—Es la carga proporcionada por el gato, medida en determinados instantes del proceso de tesado, dividida por la sección nominal de la armadura.

**Tensión en cabeza.**—Es una magnitud estimada de la tensión en las armaduras activas, tras el anclaje. Se deduce restando a la tensión de anclaje las pérdidas propias del sistema de pretensado utilizado y las debidas, en su caso, a la penetración de la cuña.

Esta tensión varía a lo largo del tiempo, y así existe una magnitud inicial y otra final, que depende de las pérdidas por retracción, fluencia y relajación.

**Tensión máxima de tesado.**—Es el valor máximo de la tensión que, de acuerdo con esta Instrucción, puede darse al acero utilizado en las armaduras activas.

**Tesar, tesado.**—Poner en tracción las armaduras activas.

El tesado puede ser total o parcial, según se introduzca en las armaduras toda la fuerza de pretensado de una sola vez o sólo una fracción de ella cada vez para iría completando en etapas sucesivas.

**Tipo de anclaje.**—Forma en que se efectúa la sujeción de la armadura para transmitir el esfuerzo de pretensado al hormigón.

En el hormigón pretensado con armaduras postesas cada tipo está constituido por una serie de anclajes de distinta capacidad,

pero en los cuales la sujeción de las armaduras activas se efectúa de la misma forma. Puede ser anclaje de: cuña, cabezas recaicadas, rosca, etc.

En el hormigón pretensado con armaduras postesas, el anclaje de las armaduras se hace por la adherencia entre éstas y el hormigón.

**Trompeta de empalme.**—Es una pieza, de forma generalmente troncocónica, que enlaza la placa de reparto con la vaina. En algunos sistemas de pretensado la trompeta está integrada en la placa de reparto y su forma es característica.

**Tubos de purga o purgadores.**—Pequeños segmentos de tubo que comunican los conductos de pretensado con el exterior y que se colocan generalmente en los puntos altos y bajos de su trazado para facilitar la evacuación del aire y del agua del interior de dichos conductos y para seguir paso a paso el avance de la inyección. También se les llama respiraderos.

**Unidad de tensión.**—Véase tendón.

**Usuario del sistema de pretensado.**—Propietario o contratista principal de la obra en la cual se va a utilizar un determinado sistema de pretensado.

**Vaina o entubación.**—Tubo, generalmente metálico, que se utiliza para formar el conducto de pretensado, disminuir el rozamiento y asegurar una mejor inyección. Normalmente lleva resaltes o corrugaciones para favorecer su adherencia al hormigón, aumentar su rigidez y hacerlo flexible y adaptable a la curvatura del tendón.

**Zona de anclaje.**—Zona de una pieza en la cual se sitúan las cabezas de anclaje (o los extremos de las armaduras ancladas por adherencia) y que resulta afectada por los fenómenos locales originados por éstas.

## ANEJO N.º 3

### Métodos de ensayo

#### ANEJO 3

Métodos de ensayo para la determinación de las características de adherencia de las armaduras de pretensado

#### 1. OBJETO DE LOS ENSAYOS Y CAMPO DE APLICACION

El objeto de estos ensayos es determinar el carácter adherente de las armaduras de pretensado, definido por el Comité Mixto FIP/CEB como una «longitud convencional de anclaje» ( $L_a$ ). Esta longitud debe ser garantizada o indicada por los fabricantes de los aceros, con el fin de poder comparar las distintas armaduras entre sí, desde el punto de vista de su capacidad de anclaje por adherencia en el hormigón pretensado.

Estos ensayos son aplicables a todas las armaduras activas de pretensado: alambres, barras y torzales, pero no a las armaduras pasivas.

Son independientes de los destinados a comprobar si las características geométricas de una partida coinciden con las definidas por el fabricante, así como también de los ensayos de adherencia que tienen por objeto determinar la colaboración de las armaduras con el hormigón o el mortero, en tracción o en flexión, y la distribución de fisuras en el hormigón de elementos solicitados a tracción o flexión.

Podrán utilizarse otros métodos de ensayo para la determinación de las características de adherencia, siempre que su eficacia haya sido previamente demostrada.

#### 2. DEFINICIONES Y NOTACION

##### 2.1. Longitud convencional de anclaje

La longitud convencional de anclaje ( $L_a$ ) (fig. 1) es la longitud de recubrimiento necesaria para asegurar la transmisión de la fuerza máxima de pretensado que se produce sobre el hormigón al liberar los extremos de las armaduras, tras inicialmente a  $0,8 f_{pm,G}$  cuando la fuerza inicial de tesado en los aceros ( $P_i$ ) origina sobre la sección de hormigón ( $A_c$ ) de la probeta de ensayo una tensión de compresión de  $150 \text{ kp/cm}^2$  y la resistencia del hormigón a compresión ( $f_c$ ), en el momento de la liberación de los alambres, barras o torzales de sus anclajes provisionales extremos, es de  $250 \text{ kp/cm}^2$  en el caso de aceros de adherencia normal y de  $400$  ó  $500 \text{ kp/cm}^2$  cuando se trate de aceros de alta adherencia.

(Continuará.)

**14406** INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado, aprobada por Decreto 1408/1977, de 18 de febrero. (Conclusión.)

2.2. Longitud real de anclaje

La longitud real de anclaje de la armadura activa en un elemento puede ser distinta de la longitud convencional anteriormente definida. Corresponde, en su caso, al usuario determinar la longitud real de anclaje, adaptando las condiciones del ensayo a las específicas del elemento. Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

- La tensión inicial en las armaduras, su posición y su recubrimiento.
- Las tensiones en el hormigón; la resistencia del hormigón; su composición y su edad en el momento de la transmisión del pretensado.

2.3. Notación

$L_1$ (mm):	Longitud convencional de anclaje de una armadura activa (fig. 1).
$L_2$ (mm):	Longitud convencional de anclaje después de $1 \times 10^6$ ciclos de solicitaciones a flexión.
$L$ (cm):	Longitud de la probeta de ensayo de hormigón.
$A_e = h \cdot b$ (cm <sup>2</sup> ):	Area de la sección transversal de la probeta de ensayo de hormigón, definida por el producto de su canto $h$ (cm), por su anchura $b$ (cm) (fig. 2).
$c$ (cm):	Espesor del recubrimiento de la armadura activa (fig. 2).
$f_{m,c}$ (kp/cm <sup>2</sup> ):	Resistencia del hormigón definida por la media de los resultados obtenidos en tres ensayos a compresión, sobre probetas cilíndricas de $15 \times 30$ cm.
$f_{m,0}$ (kp):	Carga media de la armadura activa, garantizada por el fabricante, igual al producto de su sección nominal, $A_m$ (mm <sup>2</sup> ), por la carga unitaria máxima a tracción característica del acero, $f_{m,t}$ (kp/mm <sup>2</sup> ).
$P$ (kp):	Fuerza de tesado en la armadura ( $P_1 =$ fuerza de tesado inicial). Fuerza de pretensado.
$d$ (mm):	Diámetro nominal exterior de la armadura activa (alambre, barra, torzal).
$E_s$ (kp/mm <sup>2</sup> ):	Módulo de elasticidad de la armadura activa, indicado por el fabricante del acero.
$\epsilon_s$ (%):	Deformación relativa del acero (subíndice s) y del hormigón (subíndice c), respectivamente.
$\delta = \Delta l_2 - \Delta l_0$ (mm):	Penetración de las armaduras en el hormigón después de la transmisión del pretensado, dada por la diferencia de los acortamientos del acero ( $\Delta l_2$ ) y del hormigón ( $\Delta l_0$ ), en la longitud de anclaje, al soltar las armaduras (fig. 3).
$a$ (mm):	Distancia entre el punto de fijación del aparato destinado a medir la penetración $\delta$ y la superficie extrema de la probeta de ensayo de hormigón (fig. 3).
$l_m = \delta + \epsilon_s \cdot a$ (mm):	Lectura de la penetración, indicada por el aparato de medida, y dada por la suma de la penetración $\delta$ y de la deformación elástica $\epsilon_s \cdot a$ del acero en la longitud $a$ (mm).
$l$ (cm):	Luz de la probeta de ensayo sometida a flexión, dada por la distancia entre los ejes de sus apoyos (fig. 6).
$Q$ (kp):	Carga exterior ( $Q_{max}$ y $Q_{min}$ = valores extremos de las cargas de fatiga) (fig. 6).

3. ENSAYOS PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE ANCLAJE

Casos de elementos no sometidos a fatiga

A. ACEROS DE ADHERENCIA NORMAL

3.1. Probetas de ensayo

El ensayo se efectúa sobre probetas prismáticas de hormigón, de sección rectangular (fig. 2), de las siguientes características:

- Longitud:  $L \geq 200 d + 50$  cm como mínimo, no inferior a 180 cm ni a  $2 L_1 + 30$  cm.
- Dimensiones transversales:
  - para armaduras activas de  $d \geq 5$  mm, 8 cm como mínimo;
  - para armaduras activas de  $d < 5$  mm, 5 cm como mínimo.
- La sección de la probeta de ensayo ( $A_e$ , en cm<sup>2</sup>) es sensiblemente igual:
  - al producto del número de armaduras activas por  $0,8 f_{m,c}$  (kp) dividido por  $150$  (kp/cm<sup>2</sup>), o
  - al cociente que resulta de dividir la fuerza de tesado inicial de las armaduras ( $P_1$ , en kp) por  $150$  kp/cm<sup>2</sup>.

Las armaduras activas se disponen simétricamente en la sección de la probeta de ensayo con un recubrimiento mínimo de 2 cm.

Estas armaduras se utilizan tal como se reciben en obra y se tesan sobre un banco de pretensado, 24 horas antes del hormigonado, con la fuerza  $P_1 = 0,8 f_{m,c}$ ; la fuerza de tesado se comprueba y se restablece, en su caso, en el momento del hormigonado.

En el tesado de las armaduras se realiza por escalones (tres como mínimo), comprobándose simultáneamente las cargas y las deformaciones, las cuales se compararán con las del diagrama «carga-deformación» característico del acero ensayado; con el fin de evitar cualquier error en la valoración de la fuerza de tesado inicial.

Se recomienda tesar las armaduras separadamente, elemento por elemento, y restablecer, en su caso, también individualmente, la fuerza de tesado en estas armaduras, al final, en orden inverso al que se ha seguido al tesarlas inicialmente. Esto tiene por objeto asegurar la uniformidad de la fuerza de tesado en todos los elementos de la armadura activa.

El anclaje de las armaduras en el banco de pretensado debe realizarse con la máxima atención. En principio no se tolera ningún deslizamiento después del tesado de las armaduras.

Durante el hormigonado se fabricarán con el mismo hormigón y el mismo modo de compactación utilizado para la fabricación de las probetas de ensayo que se van a pretensar, probetas cilíndricas testigo destinadas a la determinación de la resistencia del hormigón a compresión.

Cuando la resistencia del hormigón alcance los 250 kp/cm<sup>2</sup> se procederá al pretensado de las probetas de ensayo. Para ello se soltarán lenta y progresivamente las armaduras de sus anclajes provisionales extremos, con el fin de evitar todo choque o excentricidad sensible de la fuerza de pretensado. A tal objeto se recomienda soltar simultáneamente todas las armaduras.

3.2. Mediciones

Las mediciones consisten en la determinación, en los extremos de las probetas, de la penetración  $\delta$  (mm) de cada uno de los elementos de la armadura activa; es decir, el desplazamiento relativo de las secciones del acero y del hormigón que se encontraban, antes de la introducción del pretensado, en la testa de la probeta (fig. 3).

La medición de la penetración  $\delta$  se efectúa por medio de comparadores con una precisión de 0.01 mm por lo menos u otros dispositivos equivalentes. Estos aparatos se fijan sobre las armaduras a una distancia «a» de las testas de las probetas de ensayo de hormigón (fig. 3). La lectura del comparador « $l_m$ » (mm) indica, por consiguiente, la suma de la penetración « $\delta$ » y del acortamiento elástico « $\epsilon_s \cdot a$ » de la armadura en la longitud «a» (mm).

La penetración  $\delta$  de una armadura se calcula mediante la expresión:

$$\delta = l_m - \epsilon_s \cdot a = l_m - \frac{P \cdot a}{E_s \cdot A_{pa}} \tag{1}$$

Estas mediciones se efectuarán:

- en el momento del pretensado;
- una hora después de efectuado el pretensado;
- seis horas después de efectuado el pretensado;
- veinticuatro horas después de efectuado el pretensado;
- siete días después de efectuado el pretensado.

3.3. Determinación de la longitud de anclaje

Se calcula la media ( $\delta_m$ ) de las penetraciones de todas las armaduras después de siete días. La longitud convencional de anclaje se considera igual a:

$$L_1 = 3,5 \frac{E_s \cdot A_{pa}}{f_{m,c}} \delta_m \tag{2}$$

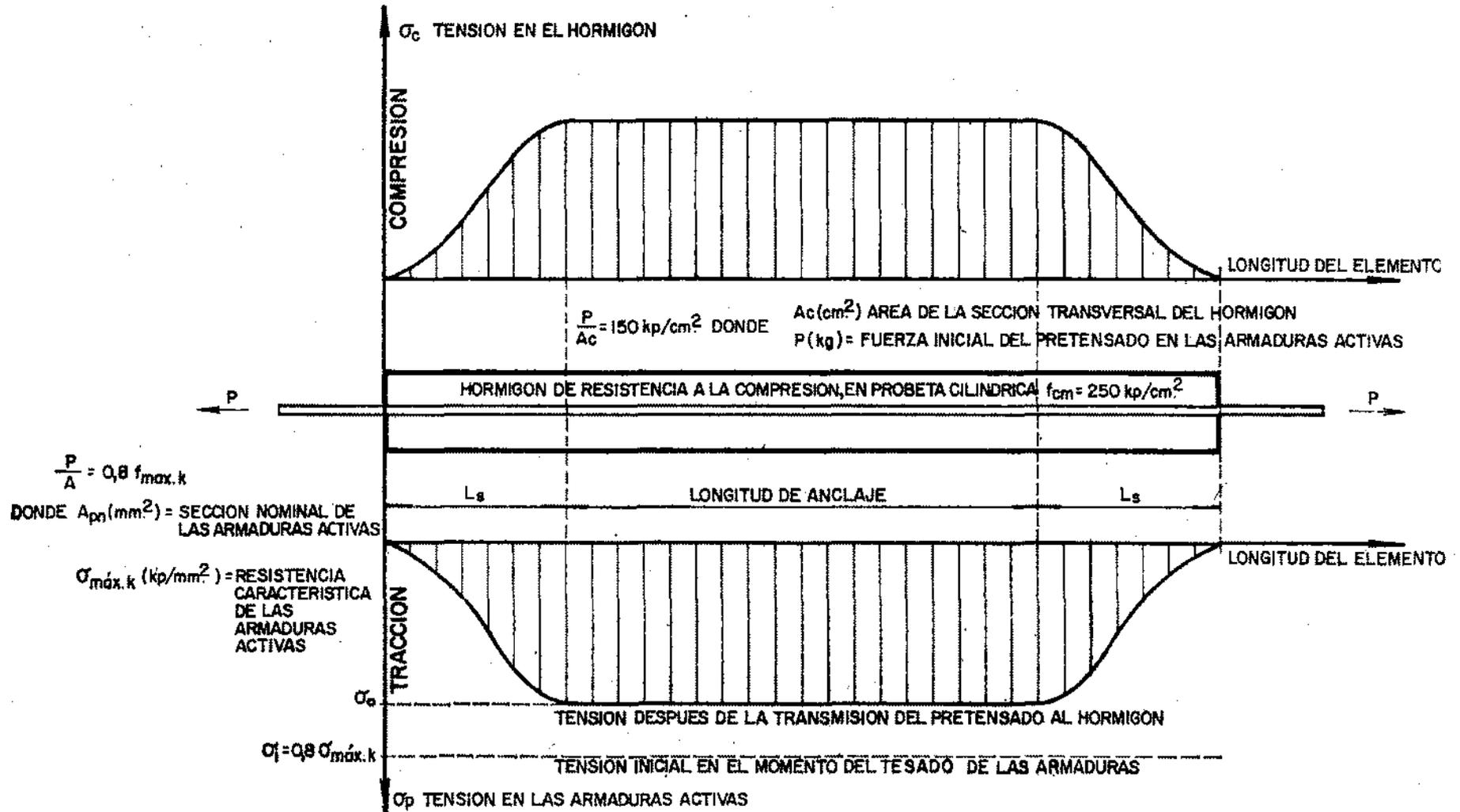
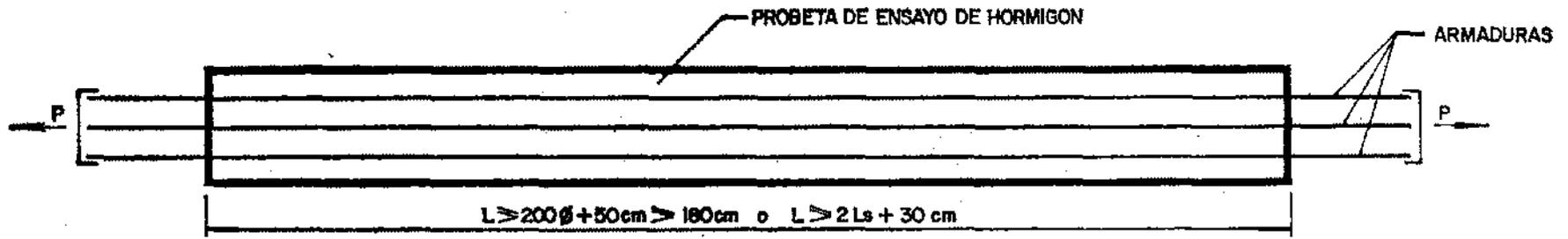


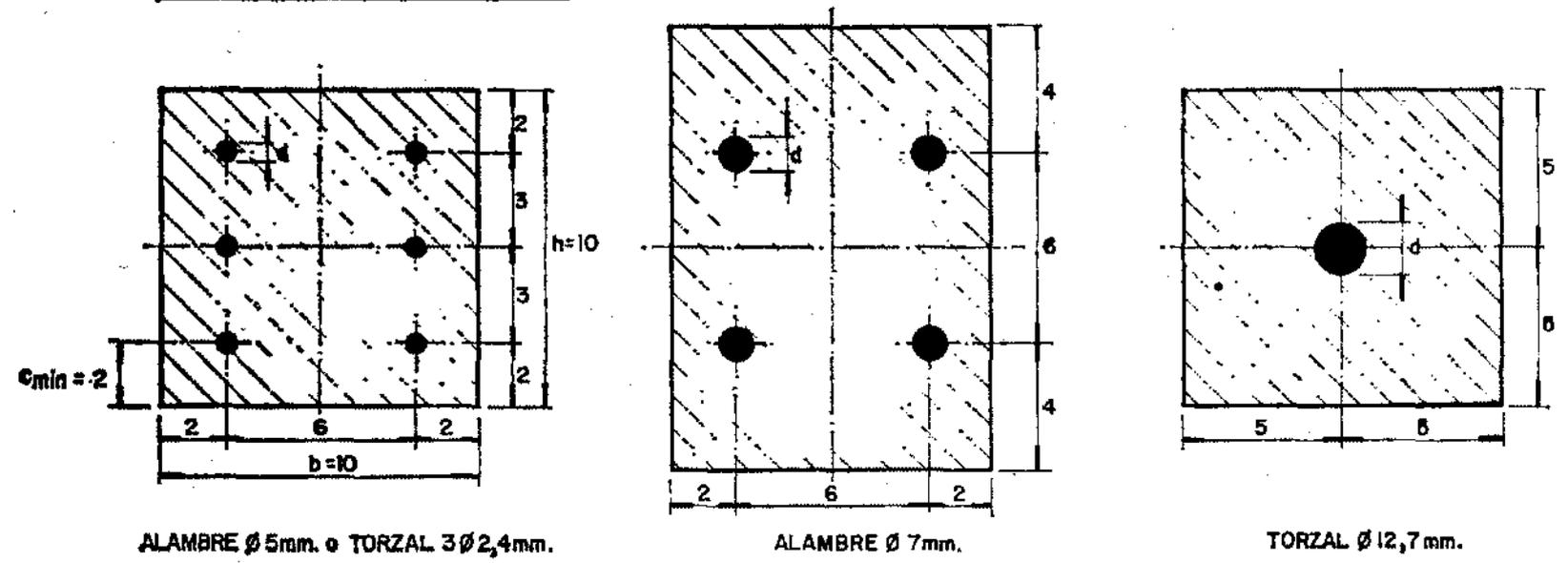
Fig. 1.—Definición de la longitud de anclaje

**ALZADO**



SECCION DE LA PROBETA DE ENSAYO:  $A_c = \frac{P}{150} (\text{cm}^2)$     DIMENSIONES:  $h_{\text{min.}} = b_{\text{min.}} = \begin{cases} 5\text{cm. PARA } d < 5\text{mm.} \\ 8\text{cm. PARA } d \geq 5\text{mm.} \end{cases}$

**SECCIONES TRANSVERSALES**

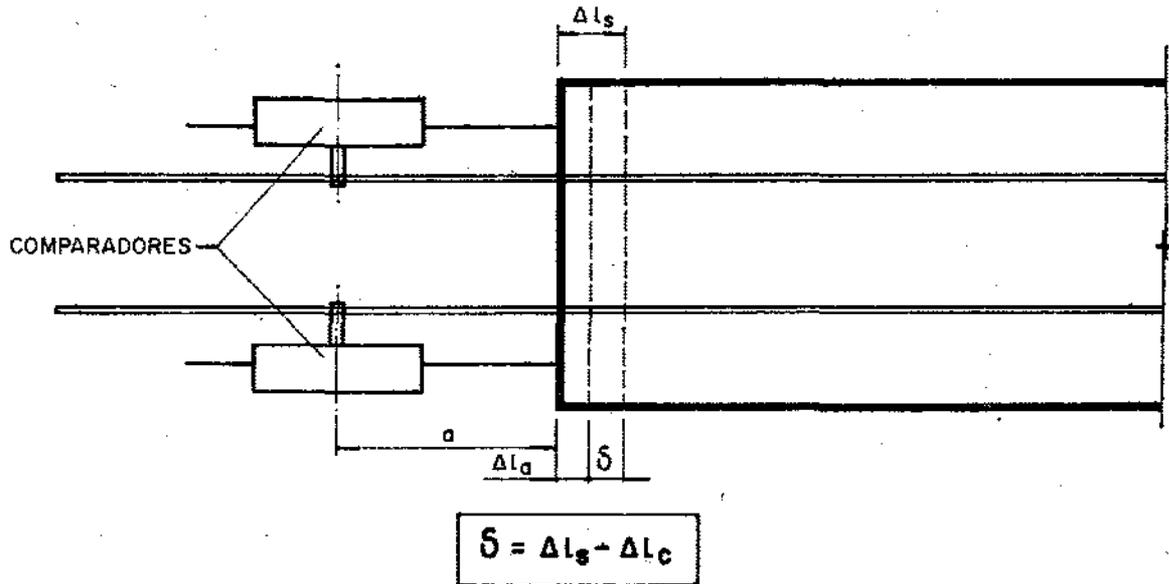


ALAMBRE  $\phi 5\text{mm.}$  o TORZAL  $3\phi 2,4\text{mm.}$

ALAMBRE  $\phi 7\text{mm.}$

TORZAL  $\phi 12,7\text{mm.}$

Fig. 2.—Ejemplos de probetas



- $\delta$  = PENETRACION DE LAS ARMADURAS EN EL HORMIGON
- $\Delta l_s$  = ACORTAMIENTO DE LAS ARMADURAS AL SOLTARLAS DE SUS ANCLAJES
- $\Delta l_c$  = ACORTAMIENTO DEL HORMIGON EN EL MOMENTO DE LA TRANSMISION DEL PRETENSADO

Fig. 3.—Medición de la penetración de las armaduras en el hormigón

Para obtener un valor representativo de la media « $\delta_m$ », el número de probetas de ensayo deberá ser por lo menos igual a tres para tener en cuenta la dispersión debida al hormigón, y el número de armaduras de tales probetas deberá ser tal que se disponga por lo menos de doce valores de penetración de las armaduras.

A modo de comprobación, durante el ensayo se puede dibujar un diagrama de la distribución de las deformaciones longitudinales del hormigón « $\epsilon_s$ » a lo largo de toda la probeta (figura 4).

La longitud de transmisión de la fuerza de pretensado de las armaduras al hormigón corresponde a la longitud de la zona de las deformaciones crecientes. Esta longitud debe ser sensiblemente igual (con una aproximación del 10 por 100) a la longitud media de anclaje calculada a partir de las penetraciones de todas las armaduras en el extremo correspondiente de la probeta de ensayo examinada (fórmula 2).

3.4. Informe del ensayo

En el informe del ensayo deberán indicarse:

- 1.º Las condiciones del ensayo (la composición y la resistencia del hormigón, su edad en el momento de la introducción del pretensado, la disposición de las armaduras activas, la fuerza de tesado, etc.).
- 2.º Los valores de los resultados de las mediciones ( $l_m$ ) y su evolución durante los siete días de observación después del pretensado de las probetas de ensayo.
- 3.º El cálculo de la penetración  $\delta$  en todos los extremos de las probetas de ensayo, su valor medio ( $\delta_m$ ) y su dispersión cuadrática:

$$\sigma_\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - \delta_m)^2}{n-1}}$$

- 4.º El cálculo de la longitud convencional de anclaje  $L_c$ .

A modo de comprobación se puede dar el diagrama de la distribución de las deformaciones longitudinales del hormigón  $\epsilon_s$  en las probetas de ensayo a los siete días de efectuado el pretensado.

3.5. Validez de los resultados

Los resultados del ensayo para la determinación de la longitud de anclaje se considerarán válidos si:

- 1.º La longitud de anclaje  $L_c \leq 0,5 L - 15$  cm.
- 2.º Las penetraciones de las armaduras, medidas durante el ensayo [ $l_m = f(t)$  o  $\delta = f(t)$ ], tienden a estabilizarse (valor a las 24 horas  $\geq 0,9$  del valor a los siete días).
- 3.º La dispersión  $\sigma_\delta$  de las penetraciones de las armaduras es inferior al 30 por 100.
- 4.º No se presenta ninguna fisuración en la superficie del hormigón durante el ensayo.

En caso contrario, el ensayo debe repetirse. Si únicamente no se satisface la primera condición, el nuevo ensayo se efectuará en las mismas condiciones, pero con probetas de ensayo más largas ( $L \geq 2 L_c + 50$  cm). Si las condiciones que no se satisfacen son las demás, el nuevo ensayo deberá realizarse de acuerdo con las prescripciones de los puntos B o C.

B. ACEROS DE ALTA ADHERENCIA

En el caso en que durante el ensayo de los alambres, barras o torzales, realizados utilizando las probetas de hormigón de 250 kp/cm<sup>2</sup> de resistencia, definidas en el párrafo 3.1, se observe alguna fisuración, se repetirán idénticos ensayos a los allí descritos sobre probetas análogas, pero fabricadas con hormigón de 400 kp/cm<sup>2</sup> de resistencia en el momento de soltar las armaduras.

Todas las demás condiciones del ensayo, es decir, las dimensiones de las probetas de ensayo, el número y disposición de las armaduras activas, así como la fuerza de tesado inicial en ellas introducida, seguirán siendo iguales a las indicadas para el ensayo con aceros de adherencia normal (punto A).

Las penetraciones de las armaduras y las longitudes de anclaje se obtendrán de acuerdo con las fórmulas (1) y (2). Los párrafos 3.4 y 3.5 seguirán siendo válidos.

Durante el ensayo no deberá aparecer ninguna fisura en el hormigón. En caso contrario, la longitud de anclaje de los aceros correspondientes se determinará de acuerdo con las prescripciones del punto C siguiente.

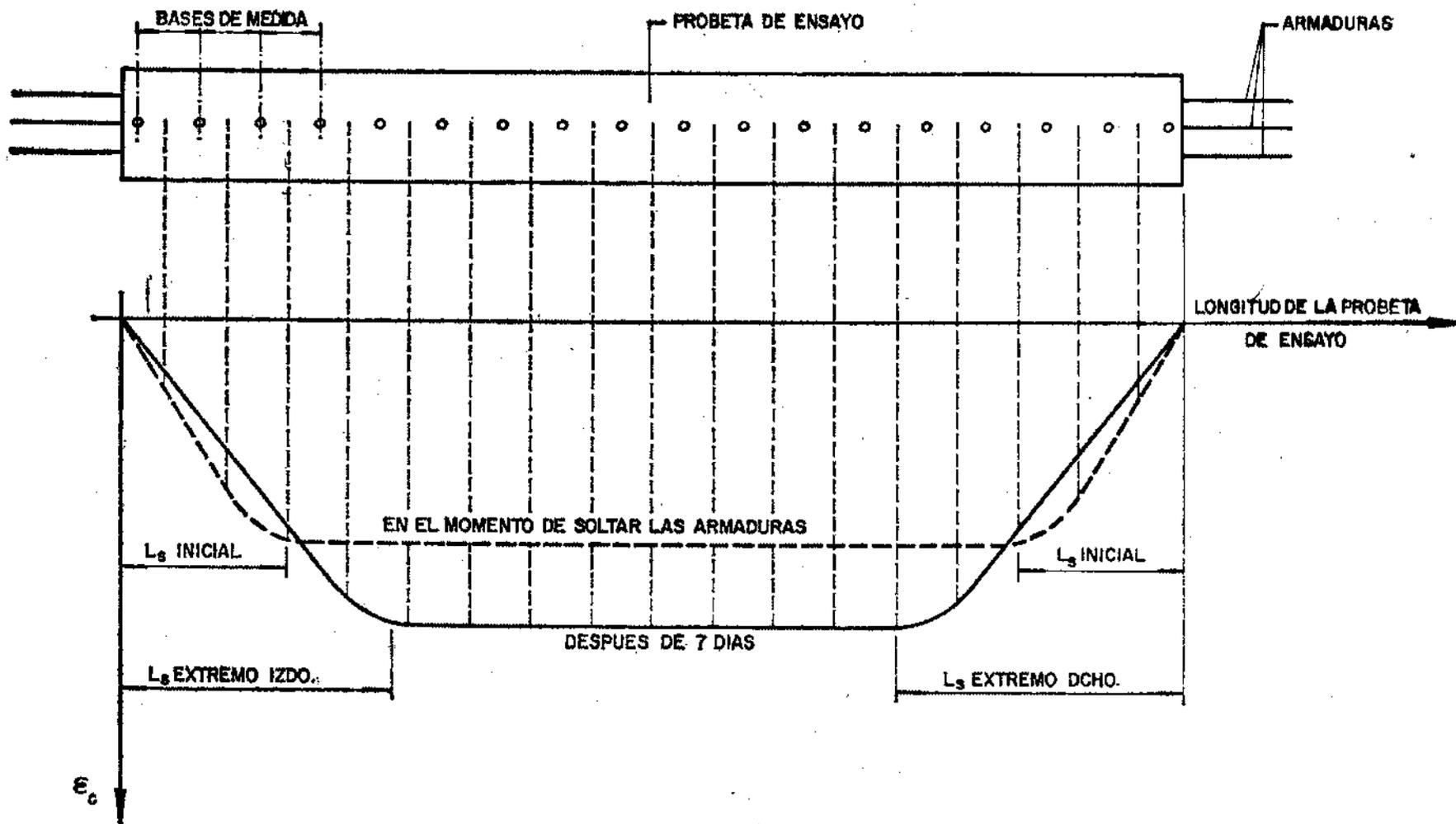


Fig. 4.—Determinación de la longitud de anclaje a partir de las deformaciones del hormigón

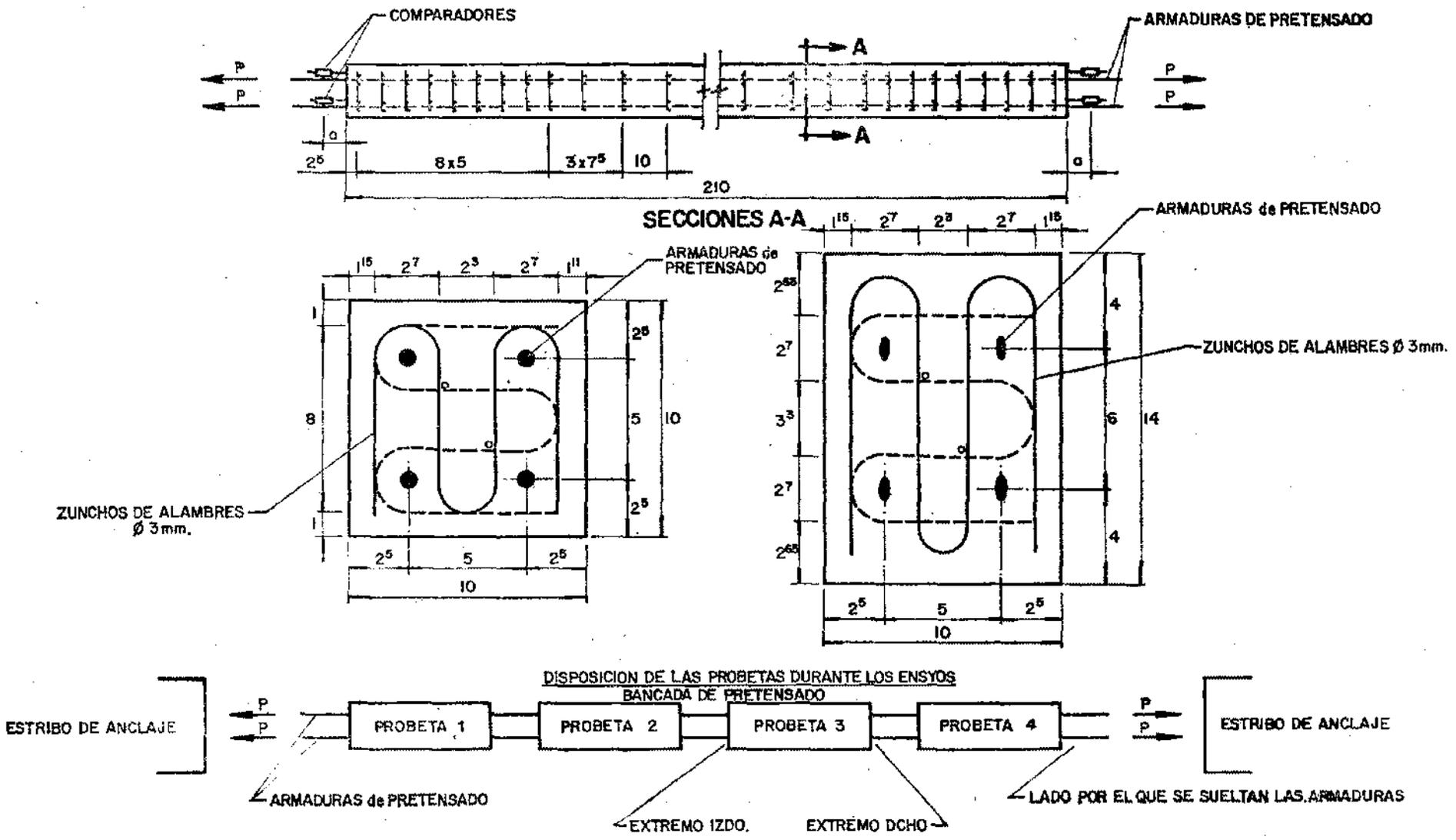


Fig. 5.—Ejemplos de probetas zunchadas

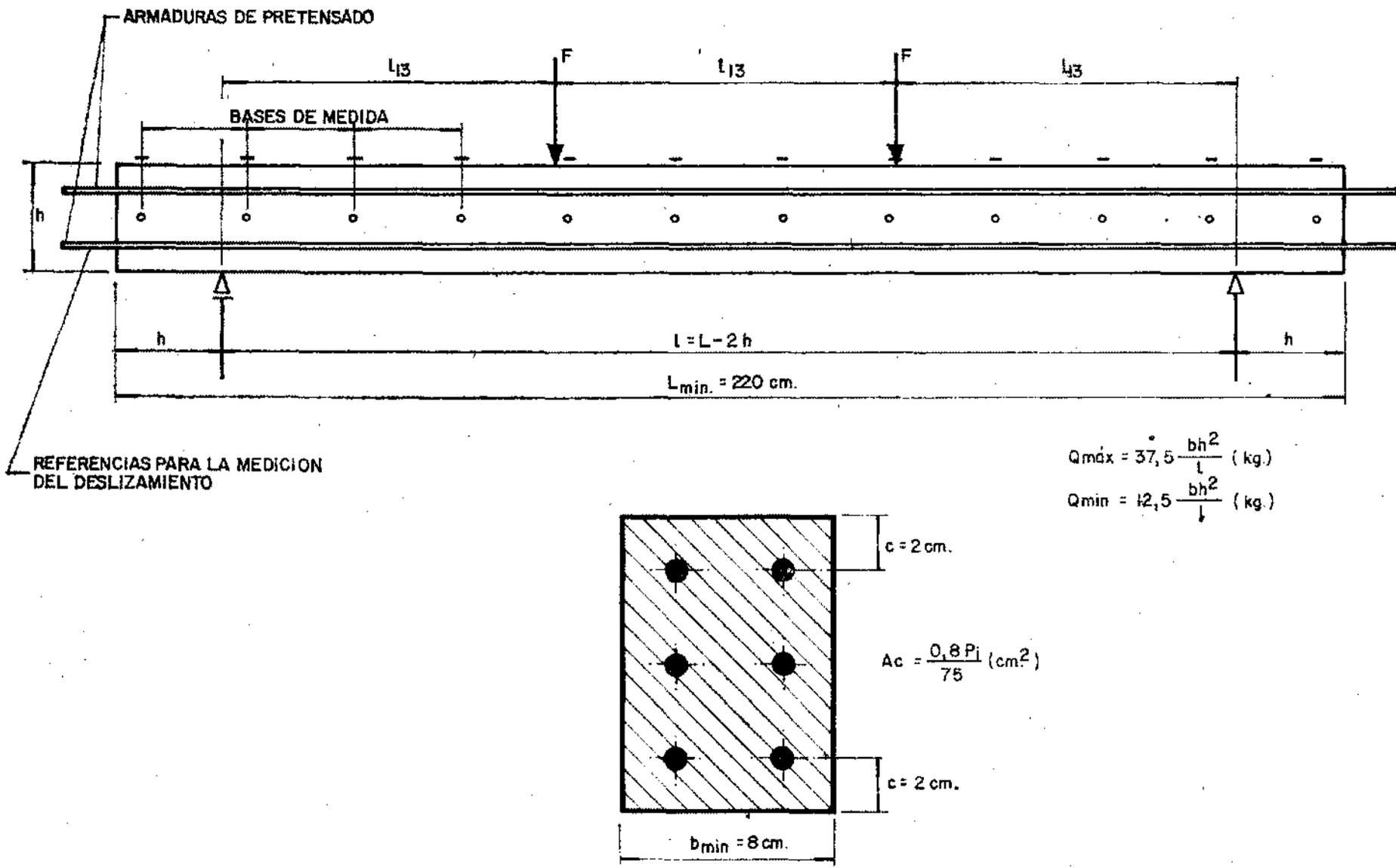


Fig. 6.—Condiciones de ensayo en flexión alterna

## C. ACEROS DE ADHERENCIA EXCEPCIONAL

Los ensayos destinados a determinar las características adherentes de estos aceros se efectuarán según el proceso definido en los párrafos 3.1 a 3.5, pero sobre probetas de hormigón zunchado (fig. 5). La resistencia del hormigón de las probetas de ensayo en el momento de la introducción del pretensado será de 400 ó 500 kp/cm<sup>2</sup> (de acuerdo con las indicaciones del fabricante del acero). Esta resistencia se medirá sobre probetas testigo no zunchadas.

El zunchado se elegirá de forma que se impida toda fisuración de las probetas durante el ensayo destinado a determinar la longitud de anclaje. En el correspondiente informe del ensayo se precisarán las características del zunchado elegido. A título de ejemplo, en la figura 5 se representa un zunchado normal.

## 4. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE ADHERENCIA DE LAS ARMADURAS DE PRETENSADO DESTINADAS A ELEMENTOS SOMETIDOS A FATIGA

## 4.1. Fundamento del ensayo

El ensayo consiste en determinar una longitud convencional de anclaje ( $L_a$  en dm; en mm) sobre probetas de ensayo sometidas a un millón de ciclos de sollicitaciones provocadas por un momento flector variable entre:

— un valor máximo  $M_{max}$  limitado por la descompresión del hormigón de las probetas de ensayo y

— un valor mínimo  $M_{min} = \frac{1}{3} M_{max}$ .

## 4.2. Probetas de ensayo

El ensayo se efectuará sobre probetas prismáticas de hormigón, de sección rectangular. La longitud de la probeta ( $L$ ) será por lo menos igual a  $2 L_a + 80$  cm y siempre mayor que  $200 d + 100$  cm, con un mínimo de 220 cm (fig. 6). La anchura mínima ( $b$ ) de la sección será de 8 cm. Las armaduras activas (alambres, barras o torzales) se distribuirán simétricamente en la sección de la probeta de ensayo (pretensado centrado) con un recubrimiento ( $c$ ) constante de 2 cm. Se tesarán inicialmente 24 horas antes del hormigonado y se retesarán en el momento del hormigonado con una fuerza  $P_1 = 0,8 f_{m,0}$ . (En cuanto a la forma de realizar el pretensado véase el párrafo 3.1.)

El área de la sección transversal de la probeta de ensayo ( $A_p$ ) será sensiblemente igual al producto del número de armaduras activas (alambres, barras o torzales) por  $\frac{0,8 f_{m,0} (kp)}{75 (kp/cm^2)}$ , es decir,

al cociente que resulta de dividir la fuerza de tesado inicial de las armaduras ( $P_1$  en kp) por 75 kp/cm<sup>2</sup>.

## 4.3. Pretensado y hormigón de las probetas de ensayo

El pretensado de las probetas de ensayo se efectuará soltando simultáneamente todas las armaduras en el momento en que el hormigón tenga una resistencia media, en probeta cilíndrica ( $f_{m,0}$ ), igual a:

- 250 kp/cm<sup>2</sup>, cuando las armaduras activas están constituidas por aceros de adherencia normal;
- 400 kp/cm<sup>2</sup> si se trata de aceros de alta adherencia, y
- 400 ó 500 kp/cm<sup>2</sup>, de acuerdo con las indicaciones del fabricante del acero, en el caso de aceros de adherencia excepcional.

En este último caso, las probetas que vayan a ser pretensadas se zuncharán de acuerdo con lo indicado en la figura 5 (véase punto C).

## 4.4. Mediciones y determinación de la longitud inicial de anclaje

En el momento de la transmisión del pretensado se medirá, en los dos extremos de cada probeta de ensayo, la penetración " $l_a$ " y se calculará el valor de  $\xi$  (fórmula 1) para cada uno de los elementos de la armadura activa (alambres, barras o torzales). Se registrará también la evolución de las deformaciones longitudinales del hormigón " $\epsilon_x$ " a lo largo de las dos caras laterales de la probeta de ensayo.

Estas mediciones se repetirán:

- una hora después de efectuado el pretensado;
- seis horas después de efectuado el pretensado;
- veinticuatro horas después de efectuado el pretensado;
- cuarenta y ocho horas después de efectuado el pretensado.

La longitud inicial de anclaje ( $L_a$  a las cuarenta y ocho horas) se calculará a partir de la fórmula (2). Se comparará con la longitud media de anclaje determinada a partir de la distribución de las deformaciones longitudinales del hormigón  $\epsilon_x = f(L)$  (fig. 4).

## 4.5. Ensayo de fatiga

Cuarenta y ocho horas después de la transmisión del pretensado se someterá la probeta de ensayo a fatiga, en flexión simple, bajo la acción de dos cargas concentradas situadas a los tercios de la luz ( $l$  en cm) de la probeta de ensayo. Esta se situará sobre apoyos colocados a una distancia de los extremos de la pieza igual al canto " $h$ " de la probeta de ensayo (fig. 6).

Se considera como carga máxima de fatiga ( $Q_{max}$ ) la que provoca en la zona de momento constante de la probeta de ensayo, en el plano inferior, una tensión sensiblemente igual a 75 kp/cm<sup>2</sup>. Se adoptará:

$$Q_{max} = 37,5 \frac{bh^2}{l} \text{ kp}$$

La carga mínima ( $Q_{min}$ ) será igual a un tercio de la carga máxima:

$$Q_{min} = 12,5 \frac{bh^2}{l} \text{ kp}$$

La frecuencia de la puesta en carga estará comprendida entre 3 y 10 Hz (de 180 a 600 ciclos/minuto). El ensayo se prolongará hasta alcanzar un millón de ciclos.

## 4.6. Resultados de los ensayos

Se anotarán las deformaciones longitudinales del hormigón  $\epsilon_x = f(L)$ , sin sobrecarga, después de  $0,25 \times 10^6$ ,  $0,50 \times 10^6$  y  $1 \times 10^6$  ciclos, determinadas de forma análoga a como se ha indicado precedentemente (véase párrafo 4.4).

Se determinará después la evolución de la longitud de anclaje a partir de las modificaciones de la distribución de las deformaciones del hormigón ( $\epsilon_x$ ) medidas durante el ensayo de fatiga.

Se anotarán, además, los valores de los deslizamientos eventuales de las armaduras activas durante las  $10^6$  sollicitaciones. Para ello, y antes de iniciar el ensayo de fatiga, se marcarán sobre las armaduras las oportunas señales de referencia (fig. 6).

La carga estática que produce el deslizamiento de las armaduras activas o la rotura de la probeta de ensayo puede determinarse después de concluido el ensayo de fatiga.

Se indicará igualmente la resistencia del hormigón ( $f_{m,0}$ ) al final del ensayo.

## 4.7. Número de ensayos que deben realizarse

Se fabricarán simultáneamente tres probetas idénticas de ensayo por lo menos. Los ensayos de fatiga se efectuarán como mínimo sobre dos de estas probetas. Las restantes no será necesario ensayarlas a no ser que no exista concordancia entre los resultados obtenidos sobre las dos primeras.

## METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE CLORUROS EN CEMENTO Y ARIDOS PARA LA CONSTRUCCION

## 1. OBJETO

El presente método de análisis tiene por objeto valorar pequeños contenidos (trazas) de cloruros en cementos y áridos para la construcción (1).

A los efectos de este método y por su pequeña importancia, en el valor de los cloruros se incluyen los contenidos de yoduros y de bromuros presentes en los materiales analizados.

## 2. FUNDAMENTO DEL METODO

El método se basa en la medida de la turbidez producida por la precipitación del cloruro de plata (ClAg) en solución acidulada con ácido nítrico.

(1) Operando en las condiciones descritas en el presente método es posible valorar con exactitud en estos materiales contenidos de cloruros de hasta 0,20 por 100; este margen de apreciación puede elevarse al doble o al triple (0,4 ó 0,6 por 100); partiendo de 0,5 g de muestra en lugar de 1 g indicado por el método y/o tomando 10 ml de la solución preparada problema (apartado 2.2.2) en vez de los 20 ml que el método prescribe. Cuando la proporción de cloruros en la muestra analizada es superior a 0,50 ó 0,60 por 100, puede alcanzarse una exactitud similar a la proporcionada por el presente método valorando directamente este componente por el método de Mohr, de mayor simplicidad que ésta.

## 3. ALCANCE

Por ser la turbidez del cloruro de plata que se mide en este método función lineal de la concentración de cloruros únicamente para pequeños contenidos de cloruros, el método es sólo aplicable cuando la solución de la muestra, preparada según el procedimiento que se describe en el apartado 6.1 de este método de ensayo, contiene una concentración de ión cloro igual o menor que 0,4 mg/100 ml (2).

## 4. APARATOS NECESARIOS

- Machacadores y molino (3).
- Tamiz con luz de malla de 0,200 mm (900 mallas/cm<sup>2</sup>) (3).
- Balanza analítica de precisión.
- Estufa regulada a 105-110° C.
- Baño María.
- Baño termostático regulable a  $40 \pm 1^\circ$  C.
- Nefelómetro con sus accesorios.
- Pipetas aforadas de 1, 2, 10 y 20 ml.
- Matraces aforados de 100, 500 y 1.000 ml.
- Vasos de precipitado de 250 y 600 ml.
- Embudos, etc.

## 5. REACTIVOS NECESARIOS

- Disolución de ácido nítrico 1:1.
- Disolución de nitrato de plata al 1 por 100. Se prepara por disolución de 1 g de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  en 100 ml de agua destilada (4).

## 5.1. Preparación de la serie patrón de cloruros

## 5.1.1. Disolución patrón matriz

Disolver 0,824 g de  $\text{ClNa}$  p. a. en 400 ml de agua destilada (5) y transferir esta disolución a un matraz aforado de 500 ml, enrasándolo con agua destilada (de esta forma la solución contiene 0,001 g de  $\text{Cl}^-/\text{ml}$ ).

## 5.1.2. Disolución patrón de cloruros

Tomar 5 ml de la «disolución patrón matriz», preparada según ha quedado descrito en el apartado 5.1.1 de este método de ensayo, y diluir a 500 ml con agua destilada en un matraz aforado de esta capacidad (de esta forma la solución contiene 0,01 mg de  $\text{Cl}^-/\text{ml}$ ).

## 5.1.3. Disolución de iones concurrentes (5)

La «disolución de iones concurrentes» se prepara por mezcla de las soluciones M y N, cuya preparación se describe a continuación, teniendo en cuenta las indicaciones abajo señaladas.

## Solución M

Disolver en unos 400 ml de agua destilada, contenida en un vaso de precipitado de 600 ml de capacidad, las siguientes cantidades de las sales que se indican a continuación:

Peso	Sol
0,736 g	$(\text{NO}_3)_2 \text{Al} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ p. a.
0,508 g	$(\text{NO}_3)_2 \text{Fe} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ p. a.
6,695 g	$(\text{NO}_3)_2 \text{Ca} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ p. a.
0,636 g	$(\text{NO}_3)_2 \text{Mg} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ p. a.

## Solución N

Disolver en unos 300 ml de agua destilada, a los que se añaden 5 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  1:1, contenidos ambos líquidos en un matraz aforado de 1.000 ml:

0,558 ml de  $\text{SiO}_2\text{Na}$ , siruposo

Por último, verter lentamente, y agitando para procurar que no se forme precipitado, la disolución M sobre la disolución N que se encuentra contenida en el matraz aforado antes indicado

(2) Esto equivale a decir que el método es válido siempre que la lectura de la turbidez de la solución preparada con la muestra incógnita sea inferior a la lectura de la turbidez del patrón más concentrado que se toma como 100.

(3) Estos instrumentos son necesarios únicamente en el caso del análisis de áridos.

(4) Es indispensable utilizar en todas las operaciones requeridas en el método (disoluciones, lavado de residuos, etc.) agua destilada exenta de cloruros debiéndose rechazar, por lo tanto, el agua destilada que dé la menor opalescencia al añadirle, en medio nítrico, unas gotas de disolución de nitrato de plata al 1 por 100.

(5) Véase lo indicado en la nota 9.

y enrasar éste a 1.000 ml con agua destilada. Si la disolución no resulta transparente debe filtrarse a través de un papel de filtro de porosidad media.

## 6. METODO DE ENSAYO

## 6.1. Preparación de la muestra problema

Desecar la muestra en una estufa regulada a 105-110° C hasta obtener constancia de peso.

La muestra de árido debe molerse antes de su análisis hasta alcanzar una finura menor de 200 micras (residuo cero sobre tamiz de 900 mallas/cm<sup>2</sup>). El cemento no requiere esta molienda previa.

Pesar 1 g de la muestra (de cemento o de árido molido a la finura indicada) desecada a 105-110° C, con una precisión superior a la milésima de gramo (6).

Situar la muestra pesada en un vaso de precipitado de 250 ml de capacidad y de forma alta, añadir 10 ml de ácido nítrico 1:1 (7) y calentar en baño María durante unos 5 minutos hasta completar el ataque y total eliminación del dióxido de carbono de la muestra (hervir un instante si es necesario). Diluir con agua destilada hasta obtener unos 30 ml y filtrar la disolución a través de un papel de filtro de porosidad media (banda blanca), lavando a continuación el residuo que queda sobre el papel de filtro con agua destilada hasta obtener un volumen total de filtrado de unos 70 a 80 ml, recogiendo los líquidos en un matraz aforado de 100 ml y añadiendo, por último, agua destilada hasta enrasar dicho matraz. A esta disolución se le denomina «solución preparada problema» (8).

## 6.2. Preparación de las suspensiones de cloruro de plata

Nota: Antes de proceder a la preparación de las suspensiones de cloruro de plata (de los patrones y de la muestra incógnita), cuya técnica se describe en este apartado, es necesario tener a régimen el baño termostático regulado a  $40 \pm 1^\circ$  C que se precisa para realizar la valoración de cloruros según este método y disponer de agua con hielo para las operaciones posteriores

## 6.2.1. Suspensiones patrón de cloruro de plata

Disponer ocho matraces aforados de 100 ml de capacidad debidamente rotulados para su fácil identificación y verter en cada uno de ellos 20 ml de la «disolución» de iones concurrentes (preparada según el procedimiento descrito en el apartado 5.1.3) y las cantidades respectivas que se indican a continuación de la «disolución patrón de cloruros» (preparada igualmente según el procedimiento descrito en el apartado 5.1.2 de este método de ensayo) (9).

Las cantidades de la «disolución patrón de cloruros» añadidas a los siete primeros matraces son, respectivamente: 40, 20, 10, 4, 2 y 1 ml, que se miden con pipetas aforadas. Al último matraz (núm. 8) no se le incorpora cantidad alguna de la mencionada «disolución patrón de cloruros».

En cada uno de los ocho matraces anteriores se introducen, además, 2 ml de ácido nítrico 1:1 y 2 ml de nitrato de plata al 1 por 100 y, por último, se enrasan los matraces con agua destilada. Los patrones de 0,00 y de 0,40 mg de  $\text{Cl}^-/100$  ml, y precisamente en este orden, deben prepararse en primer lugar porque dichos patrones son los primeros que hay que utilizar en la calibración del nefelómetro, según se indica en el apartado 7.

(6) Cuando se desconoce el orden de magnitud de los cloruros existente en la muestra analizada puede partirse de 2 g de muestra problema, que se atacarán con el doble de las cantidades de reactivo señaladas en el apartado 6.1 de este método de ensayo, obteniéndose al final 200 ml de la «solución preparada problema» (contenidos en un matraz aforado de esta capacidad). Los primeros 100 ml de dicha disolución se destinan a la valoración del contenido de cloruros por el método de Mohr (determinación volumétrica con nitrato de plata en presencia de cromato potásico como indicador interno), continuándose la valoración de los restantes 100 ml de la «solución preparada problema» por el presente método descrito, si el contenido de cloruros ha resultado inferior a 0,4 ó 0,5 por 100.

(7) Si el árido analizado es de naturaleza caliza es necesario emplear mayor cantidad de ácido nítrico 1:1 que la indicada, porque parte del ácido se consume en neutralizar los carbonatos del árido. En este caso se inicia el ataque de la muestra añadiendo gota a gota la disolución de ácido nítrico 1:1 hasta que cesa la aparición de espuma, entonces se adiciona el exceso de 10 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  1:1.

(8) Cuando la muestra analizada contiene una concentración de ión cloruro inferior a 0,01 por 100 en el ensayo se utiliza la totalidad de la «solución preparada problema», debiéndose en este caso prescindir de enrasar el matraz que contiene estos líquidos para que puedan tener cabida en el volumen de 100 ml los reactivos (2 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  1:1 y 2 ml de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  al 1 por 100) que deberán adicionarse posteriormente al matraz (véase apartado 6.2.2 de este método de ensayo).

(9) Puede prescindirse de la adición de la «disolución de iones concurrentes» en análisis, donde no se precisa una elevada exactitud en los resultados.

Los matraces enrasados contienen las siguientes cantidades de ión cloruro:

Cantidad tomada (ml) de la solución patrón de cloruros	mg de ión Cl <sup>-</sup> contenidos en los matraces enrasados a 100 ml
40 ml	0,40 mg/100 ml
20 ml	0,20 "
10 ml	0,10 "
5 ml	0,05 "
4 ml	0,04 "
2 ml	0,02 "
1 ml	0,01 "
0 ml	0,00 "

En general bastará con preparar las cinco disoluciones de 0,40, 0,20, 0,10, 0,05 y 0,00 mg Cl<sup>-</sup>/100 ml, y solamente cuando la concentración de cloruros en la muestra sea muy baja será necesario preparar las disoluciones de 0,04, 0,02 y 0,01 mg de Cl<sup>-</sup>/100 ml.

8.2.2. Suspensión de la muestra incógnita

En otro matraz aforado de 100 ml, marcado también con la rotulación precisa, verter 20 ml de la solución preparada problema (que se ha obtenido tras las operaciones descritas en el apartado 8.1 de este método de ensayo), 2 ml de ácido nítrico 1:1 y 2 ml de nitrato de plata al 1 por 100. Por último, enrasar el matraz con agua destilada (10).

8.3. Técnica para conseguir reproducibilidad en el tamaño de gramo de las suspensiones de cloruro de plata

Inmediatamente después de enrasados los matraces que contienen las suspensiones de cloruro de plata obtenidas (de los patrones y de la muestra incógnita) se invierten dichos matraces tres veces para homogeneizar los líquidos en ellos contenidos.

A continuación se introducen los matraces en un baño de agua, termostataado a la temperatura de 40 ± 1° C, manteniendo dichos matraces en estas condiciones durante 30 ± 0,5 minutos, contados a partir del momento en que se adicionó el nitrato de plata (11).

Transcurridos los 30 minutos se sacan los matraces del termostato y se sumergen en agua con hielo para que alcancen rápidamente la temperatura ambiente (12), lo que se consigue en un periodo de unos 5 minutos. Una vez enfriados los matraces a la temperatura ambiente se sacan sucesivamente del agua helada y se mide su turbidez (poder de dispersión de la luz en nefelometría). Es necesario efectuar en todos los matraces las operaciones subsiguientes a la adición del nitrato de plata con ligereza y del mismo modo.

7. MEDIDA DE LA LUZ DISPERSADA

La medida de la luz dispersada por las distintas suspensiones de cloruro de plata preparadas se efectúa con ayuda de un nefelómetro de elevada sensibilidad, pudiendo aumentarse la sensibilidad del aparato acoplando al nefelómetro un galvanómetro del tipo «multiflex».

Antes de introducir las suspensiones de cloruro de plata en la cubeta del nefelómetro es necesario agitar dos veces los matraces que las contienen para homogeneizar los líquidos.

Se comienzan las medidas de la dispersión de la luz graduando el aparato con las suspensiones patrón de cloruros más diluida (0,00) y más concentrada (0,40), con las que se imponen en la correspondiente escala del nefelómetro los valores respectivos de cero y de cien; a continuación se obtienen con las suspensiones patrón de cloruros de concentraciones intermedias las restantes lecturas que nos servirán para trazar la curva de

(10) La cantidad tomada de 20 ml de la solución preparada problema puede ser aumentada, pudiendo emplearse incluso la totalidad de la disolución si la concentración de cloruros de la muestra analizada es muy pequeña (tángase en cuenta entonces lo indicado en la nota 6 referente a no enrasar el matraz que contiene la solución preparada problema).

(11) De estos 30 minutos se invierten 12 minutos en subir la temperatura interior del matraz desde la temperatura ambiente hasta 40° C.

(12) Esta mezcla de hielo-agua puede conseguirse manteniendo en una nevera durante unas 2 horas aproximadamente, por cada matraz, un vaso de precipitado de 600 ml de capacidad con un volumen de agua de unos 400 ml (2/3 del total).

calibrado, y, por último, se mide en la misma escala el valor de la dispersión de la luz producida por la suspensión problema.

8. OBTENCION DE LOS RESULTADOS

El valor del contenido de cloruros de la muestra analizada se obtiene por extrapolación gráfica.

Para ello se dibuja en un papel milimetrado un sistema de coordenadas, representando en el eje de ordenadas los valores de las concentraciones de cloruros y en el eje de abscisas las lecturas obtenidas en el aparato. La curva de calibrado resulta de unir en dicho sistema de coordenadas los puntos representativos de las distintas soluciones patrón de cloruros. El valor de la concentración de cloruros de la disolución preparada problema es el correspondiente a la ordenada del punto en que la perpendicular trazada por el valor de su lectura en el aparato, representado en el eje de abscisas, corta a la curva de calibrado.

En el apartado 10 se incluye un ejemplo del modo cómo puede obtenerse el valor de la concentración de cloruros de la disolución preparada problema.

Por último, el contenido de cloruros de la muestra analizada, expresado en tanto por ciento de ión cloro, se obtiene por cálculo a partir de la expresión siguiente:

$$\text{contenido de cloruros (Cl}^{-}\text{), \%} = \frac{10 y_1}{P V} \quad (1)$$

donde:

y<sub>1</sub> = representa el valor de la ordenada del punto (expresado en mg Cl<sup>-</sup>/100 ml) en que la perpendicular trazada por el valor de la lectura del aparato representado en el eje de abscisas corte a la curva de calibrado;

P = es el peso en gramos de muestra tomada en el ensayo, y

V = el volumen en mililitros de la solución preparada problema (de un total de 100 ml) medidos en la cubeta del nefelómetro.

9. PRECISION DE LOS RESULTADOS

En ausencia de interferencias, la precisión alcanzada y las tolerancias admitidas son:

9.1. Precisión

Los resultados de dos ensayos no deben diferir en más de 0,05 por 100.

9.2. Tolerancias

Las medias de los resultados no deben diferir del contenido real de ión cloro en más de ± 0,005 por 100.

10. EJEMPLO ACLARATORIO

En la determinación del contenido de cloruros de una muestra de cemento, realizada por el método nefelométrico anteriormente descrito, se ha obtenido una lectura de 40 unidades en la escala del aparato para una cantidad de muestra ensayada de 1 g, de la que se han valorado 50 ml de la solución preparada problema (lo que equivale a ensayar 0,5 g de muestra problema). En dicha escala las lecturas obtenidas con las soluciones patrón de cloruros han sido las siguientes:

mg de ión Cl <sup>-</sup> contenidos en los 100 ml de las soluciones patrón	Lectura del aparato
0,40 mg/100 ml	100
0,20 "	50
0,10 "	25
0,05 "	12,5
0,00 "	0

Representando los valores anteriores en un sistema de coordenadas se obtiene la curva de calibrado trazada en la figura 1. En esta figura el contenido de ión cloro de la fracción de muestra de cemento analizada corresponde al valor de la ordenada (y<sub>1</sub>) del punto de intersección (p<sub>1</sub>) entre la curva de calibrado y la perpendicular al punto (x<sub>1</sub>), representativo del valor de la lectura obtenida en el nefelómetro con una muestra analizada de 0,5 g de peso.

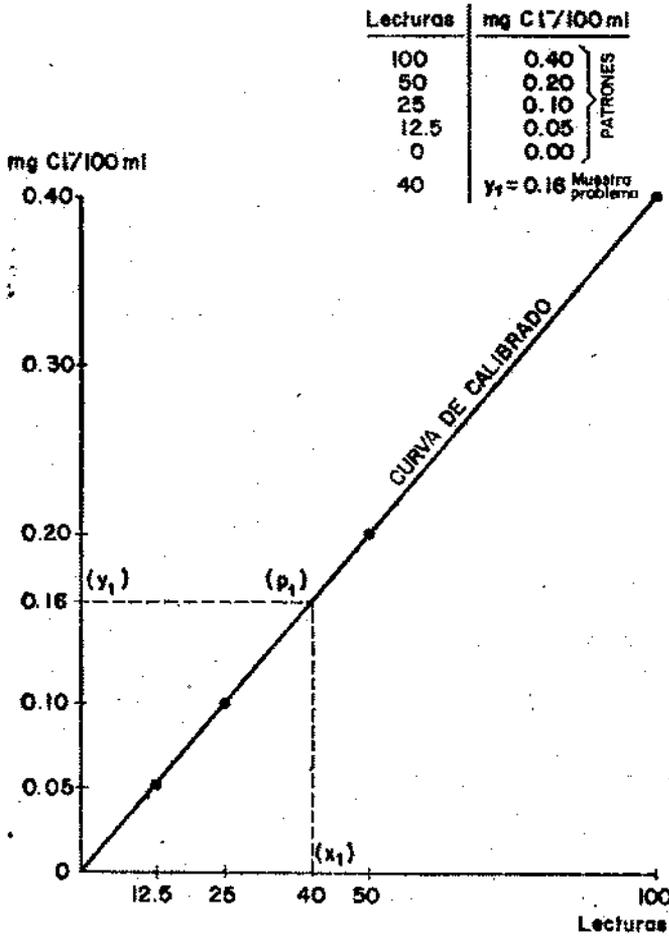


Fig. 1

Para expresar el contenido de cloruros de la muestra de cemento examinada en tanto por ciento debe aplicarse la expresión (1) del apartado 8, habiendo resultado en este caso el valor de  $y_1 = 0.16$  mg para unas cantidades analizadas de muestra iguales a:  $P = 1$  g y  $V = 50$  ml.

Por lo tanto, el

$$\begin{aligned} \text{contenido de cloruros (Cl), \%} &= \frac{10 y_1}{P V} \\ &= \frac{10 \cdot 0.16}{1 \cdot 50} = 0.32 \pm 0.005 \% \end{aligned}$$

**METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE LA INYECCION**

**1. DEFINICION Y APLICACIONES**

El presente método de ensayo sirve para determinar tanto la exudación como la variación de volumen (expansión o contracción) de las mezclas, lechada o mortero, utilizada como producto de inyección de los conductos en que van alojadas las armaduras de pretensado.

**2. APARATOS EMPLEADOS**

Se utilizará un recipiente cilíndrico, de vidrio, de 10 cm de altura y 10 cm de diámetro, en el que se marcará una señal para indicar la altura de llenado,  $a_1$  (véase fig. 1).

**3. PROCEDIMIENTO OPERATORIO**

En el recipiente de ensayo se verterá la cantidad necesaria de la mezcla de inyección hasta enrasar con la señal marcada en el mismo. Terminado el llenado se tapará el recipiente para evitar la evaporación y se mantendrá así el tiempo preciso para que se establezca la decantación de la mezcla. Se

medirán entonces el nivel de agua,  $a_2$ , y el de los materiales sólidos,  $a_3$ .

Estas mediciones deberán hacerse también en una etapa intermedia para determinar la posible exudación de la mezcla transcurridas 3 horas desde su preparación.

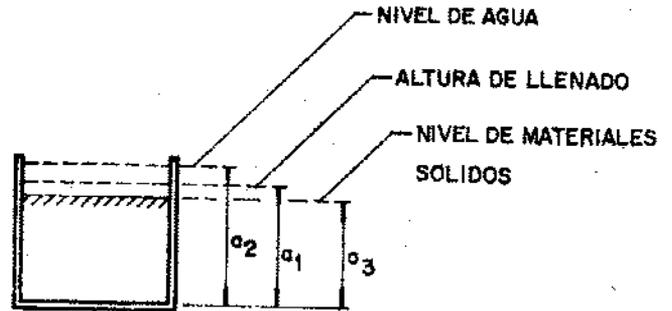


Fig. 1

$$VV = \frac{a_1 - a_2}{a_1} \cdot 100$$

Los resultados obtenidos se expresan en tanto por ciento del volumen inicial de la mezcla.

Por lo que respecta a la variación de volumen, si  $VV > 0$  significa que hay contracción. Por el contrario, si  $VV < 0$  significará que existe expansión.

**METODO DE ENSAYO DE DESPEGUE DE LAS BARRAS DE NUDO EN MALLAS ELECTROSOLDADAS**

**1. OBJETO**

La presente norma tiene por objeto establecer las condiciones en que debe realizarse el ensayo de despegue de las barras de nudo a la temperatura ambiente, en mallas electrosoldadas compuestas por barras corrugadas, que cumplan la norma UNE 38088, lisas de acero trellado y corrugadas de acero trellado. Estas mallas estarán formadas por barras de diámetro igual o mayor que 4 mm.

**2. FUNDAMENTO DEL METODO**

El ensayo consiste en someter al nudo en que se cruzan dos barras a un esfuerzo en la dirección del eje de una de ellas hasta conseguir que se despegue de la otra.

**3. PROBETAS**

Las probetas se tomarán de una malla dispuesta para su empleo, conforme a la figura 1. También se pueden utilizar probetas que ya han sido sometidas a carga en ensayo de tracción previo, siempre y cuando la soldadura se encuentre fuera de la zona de estricción de la rotura.

**4. DISPOSITIVO DE ENSAYO**

**4.1. Descripción**

El dispositivo de ensayo será el indicado en la figura 2, el cual consta de: (1) suplemento para la aplicación de las mordazas de la prensa de ensayos, (2) soporte para apoyo de la barra de anclaje, (3) pieza para fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje, (4) chapa gruesa que hace tope con la barra de tracción para evitar el doblado de ésta durante el ensayo, (5) tornillos de presión sobre la chapa (4) \*, (6) tornillos de presión sobre la pieza de fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje.

**4.2. Sujeción de las probetas**

Las probetas deberán colocarse de manera que la barra de anclaje quede alojada en la entalladura que a tal efecto lleva la pieza (2) soporte de dicha barra. Seguidamente dicha barra será

\* Estos tornillos deberán actuar sobre otra chapa separada de la (4) por unos rodillos para evitar que la intervención de esfuerzos de rozamiento incremente el esfuerzo de despegue medido.

aprisionada por la pieza (3) de fijación mediante los tornillos (6) de presión.

A continuación se actuará sobre los tornillos (6) hasta poner en contacto la pieza (4) con la barra de tracción.

#### 5. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

En las probetas de barras aisladas, la barra de tracción de la que se tira siempre será la más gruesa de la probeta.

En las probetas de barras pareadas se tirará sólo de una de las dos barras posibles de tracción, refiriéndose el esfuerzo

de despegue, en el caso de que la sección nominal de la barra de anclaje sea mayor que la suma de las secciones nominales de las barras pareadas, a la mitad de la sección nominal de la barra de anclaje. En el caso de que la sección nominal de la barra de anclaje sea menor que la suma de las secciones nominales de las barras pareadas, el esfuerzo de despegue se referirá a la sección nominal de la barra de tracción.

Se procurará que en todo momento la dirección de la fuerza de tracción sea coincidente con el eje de la barra de tracción.

La velocidad de carga no debe rebasar los 200 kp/cm<sup>2</sup>s.

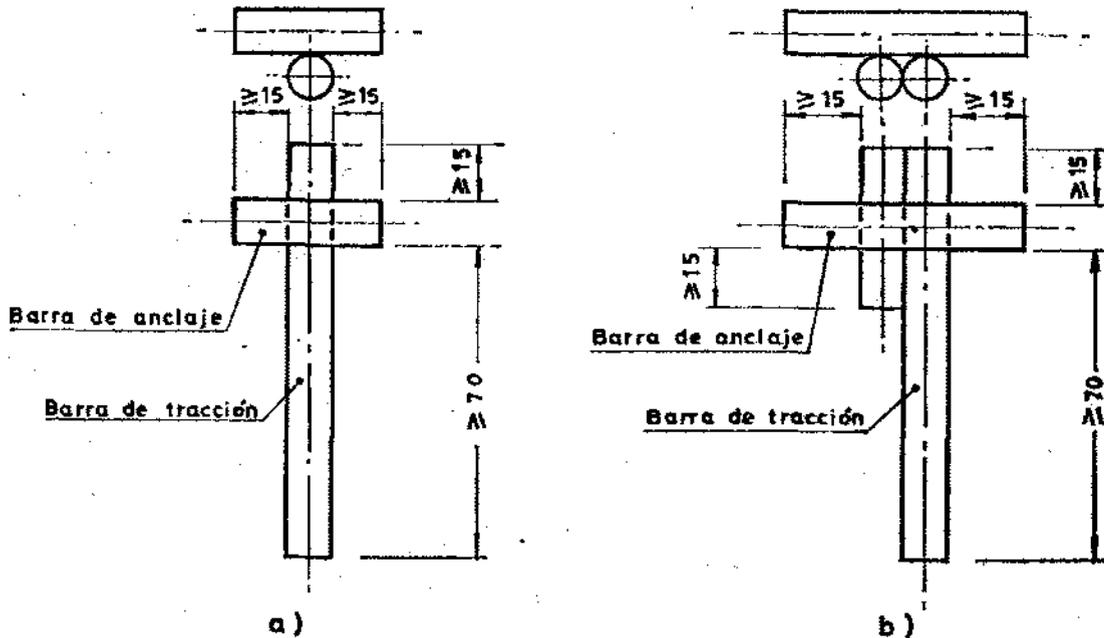


Fig. 1.—Probetas para ensayo de despegue de las barras de nudo en mallas electrosoldadas. a) Para barras aisladas. b) Para barras pareadas (medidas en mm.)

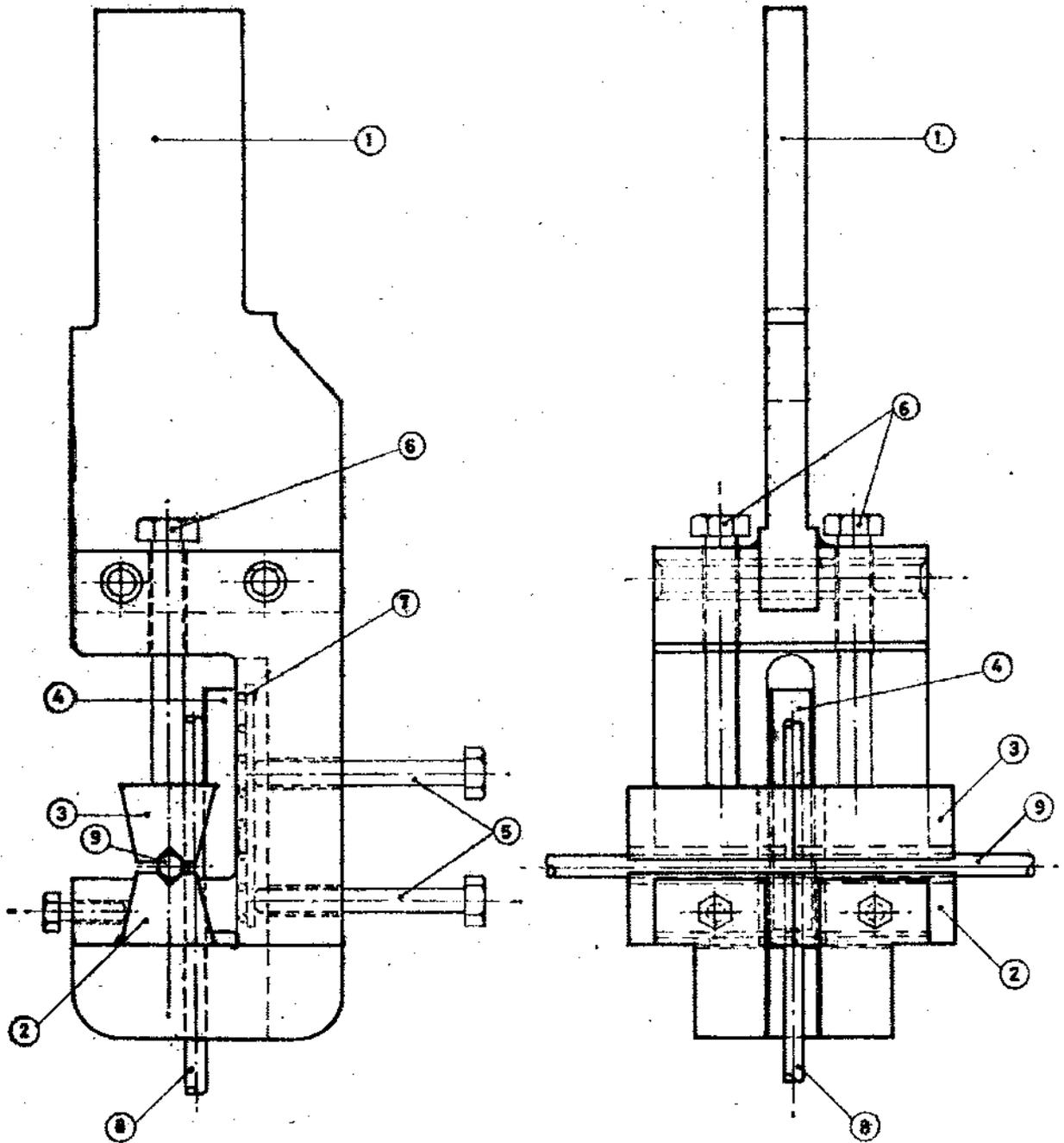


Fig. 2.—Dispositivo para efectuar el ensayo de despegue de las barras de nudo en mallas electrosoldadas

- ①—suplemento para la aplicación de las mordazas de la prensa de ensayos
- ②—soporte para apoyo de la barra de anclaje
- ③—pieza para fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje
- ④—chapa gruesa que hace tope con la barra de tracción para evitar el doblado de ésta durante el ensayo
- ⑤—tornillos de presión sobre la chapa ④
- ⑥—tornillos de presión sobre la pieza de fijación de barra de anclaje a soporte de barra de anclaje
- ⑦—rodillos
- ⑧—barra de tracción
- ⑨—barra de anclaje