

RELACION NUMERO 4

Créditos presupuestarios del ejercicio 1980 que se transfieren a la Comunidad Autónoma del País Vasco como dotación de los Servicios e Instituciones que se traspasan

Concepto	Especificación	Cantidad anual — Pesetas	Cantidad a transferir 4.º trimestre 1980 — Pesetas	Observaciones
22.01.212	Gastos oficina no inventariables.	76.000	—	Crédito ya contraído por el Departamento para satisfacer estos gastos durante el año 1980.
22.01.243	Dietas y locomoción.	160.000	—	Crédito ya contraído por el Departamento para satisfacer estos gastos durante el año 1980.
22.35.291	Gastos primera instalación Jefaturas Provinciales IRESO (incluidos gastos alquileres, luz, calefacción, limpieza, dietas, locomoción, etc.).	1.039.200	—	Crédito ya contraído por el IRESO para satisfacer estos gastos durante el año 1980.

MINISTERIO DE HACIENDA

463

CORRECCION de errores de la Orden de 4 de diciembre de 1980 por la que se desarrolla el Real Decreto 2278/1980, de 24 de octubre, sobre aval del Estado a las Sociedades de Garantía Recíproca.

Advertidos errores en el texto remitido para su publicación de la mencionada Orden, inserta en el «Boletín Oficial del Estado» número 300, de 15 de diciembre de 1980, se transcriben a continuación las oportunas rectificaciones:

En el apartado primero, párrafo cuarto, donde dice: «Dos representantes de Entidades de interés público o general que tengan ...», debe decir: «Tres representantes de Entidades de interés público o general que tengan ...».

Mº DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

464

REAL DECRETO 2868/1980, de 17 de octubre, por el que se aprueba la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-80)».

Desde la aprobación de la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-setenta y tres)» por Decreto tres mil sesenta y dos/mil novecientos setenta y tres, de diecinueve de octubre, la Comisión Permanente del Hormigón, en cumplimiento de las misiones encomendadas a la misma por Decreto dos mil novecientos ochenta y siete/mil novecientos sesenta y ocho, de veinte de septiembre, ha venido estudiando los avances científicos y tecnológicos en el campo del hormigón, así como las comunicaciones recibidas de los sectores interesados en este tipo de obras y los resultados obtenidos por los grupos de trabajo que se han creado para estos fines.

Durante las últimas sesiones de la Comisión se han recopilado todos estos trabajos, viéndose la conveniencia de una nueva redacción de algunos capítulos y la inclusión de otros nuevos.

Por todo lo anterior, la Comisión Permanente del Hormigón ha redactado una nueva Instrucción, que abreviadamente se llamará EH-ochenta, que sustituya a la actualmente vigente.

En su virtud, a iniciativa de la Comisión Permanente del Hormigón, a propuesta del Ministro de Obras Públicas y Urbanismo y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diecisiete de octubre de mil novecientos ochenta,

DISPONGO:

Artículo primero.—Se aprueba la «Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado», que se designará abreviadamente EH-ochenta y cuyo texto figura como Anejo al presente Real Decreto.

Artículo segundo.—El ámbito de aplicación de la EH-ochenta se extiende con carácter obligatorio a todo el territorio nacional y entrará en vigor a los seis meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Artículo tercero.—Quedan derogadas las disposiciones de igual o inferior rango en cuanto se opongan al presente Real Decreto.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Primera.—Los proyectos aprobados por la Administración en las obras con cargo a los Presupuestos del Estado o visados por los Colegios Profesionales, en las obras de particulares que no reciban ayuda estatal y que cuenten con uno u otro requisito, según el caso, antes de la fecha de entrada en vigor de esta Instrucción, se registrarán por aquella que según las fechas de aquellos requisitos les sean legalmente aplicables y podrán servir de base a la ejecución de las obras correspondientes, siempre que éstas se inicien antes de que la presente Instrucción lleve un año en período de vigencia.

Segunda.—La ejecución de las obras comprendidas en la disposición transitoria anterior se realizará de acuerdo con la EH-setenta y tres, pudiendo, no obstante, aplicar la EH-ochenta en aquellos puntos que no impliquen modificación del proyecto o contrato.

Tercera.—Si las obras no se iniciaran en el plazo fijado en la disposición transitoria primera, sus proyectos deberán ser modificados de acuerdo con los preceptos de la EH-ochenta.

Cuarta.—Las obras que se encuentren iniciadas en la fecha de publicación del presente Real Decreto se continuarán con arreglo a la Instrucción que les haya servido de base, salvo acuerdo entre ambas partes contratantes.

DISPOSICION FINAL

A partir de la fecha de entrada en vigor de la presente Instrucción, los proyectos que se presenten a aprobación de la Administración, a visado de Colegio Profesional o como documentación justificativa de petición de ayuda estatal, deberán ajustarse a la EH-ochenta. La ejecución de las obras correspondientes se realizará asimismo con arreglo a lo dispuesto en la EH-ochenta.

Dado en Madrid a diecisiete de octubre de mil novecientos ochenta.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Obras Públicas y Urbanismo,
JESUS SANCHO RÓF

Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-80

INDICE

PARTE I. ARTICULADO Y COMENTARIOS

CAPITULO I. INTRODUCCION

- Artículo 1.º** Campo de aplicación de la Instrucción.
Artículo 2.º Definiciones.
Artículo 3.º Unidades, convención de signos y notación.
Artículo 4.º Documentos del proyecto.

- 4.1. Generalidades.
4.2. Memoria.

- 4.2.1. Normas generales.
4.2.2. Anejo de cálculo.
4.2.3. Cálculos en ordenador.

- 4.3. Planos.
- 4.4. Pliego de prescripciones técnicas particulares.
- 4.5. Presupuesto.
- 4.6. Programa de trabajo.
- 4.7. Modificaciones del proyecto.
- 4.8. Aplicación preferente de la legislación de contratos del Estado.

TÍTULO 1.º DE LOS MATERIALES Y EJECUCION

CAPITULO II. MATERIALES

Artículo 5.º Cemento.

- 5.1. Cementos utilizables.
- 5.2. Suministro y almacenamiento.

Artículo 6.º Agua.

Artículo 7.º Aridos.

- 7.1. Generalidades.
- 7.2. Limitación de tamaño.
- 7.3. Prescripciones y ensayos.
- 7.4. Almacenamiento.

Artículo 8.º Aditivos.

Artículo 9.º Armaduras.

- 9.1. Generalidades.
- 9.2. Barras lisas.
- 9.3. Barras corrugadas.
- 9.4. Mallas electrosoldadas.

Artículo 10. Hormigones.

- 10.1. Composición.
- 10.2. Condiciones del hormigón.
- 10.3. Características mecánicas.
- 10.4. Coeficientes de conversión.
- 10.5. Valor mínimo de la resistencia.
- 10.6. Docilidad del hormigón.

CAPITULO III EJECUCION

Artículo 11. Cimbras, encofrados y moldes.

Artículo 12. Doblado de las armaduras.

Artículo 13. Colocación de las armaduras.

- 13.1. Generalidades.
- 13.2. Distancias entre barras de armaduras principales.
- 13.3. Distancias a los paramentos.

Artículo 14. Dosificación del hormigón.

Artículo 15. Fabricación del hormigón.

Artículo 16. Puesta en obra del hormigón.

- 16.1. Transporte y colocación.
- 16.2. Compactación.
- 16.3. Técnicas especiales.

Artículo 17. Juntas de hormigonado.

Artículo 18. Hormigonado en tiempo frío.

Artículo 19. Hormigonado en tiempo caluroso.

Artículo 20. Curado del hormigón.

Artículo 21. Descimbrado, desencofrado y desmoldeo.

Artículo 22. Uniones de continuidad entre elementos prefabricados.

Artículo 23. Observaciones generales respecto a la ejecución.

- 23.1. Adecuación del proceso constructivo al proyecto.
- 23.2. Acciones mecánicas durante la ejecución.

Artículo 24. Prevención y protección contra acciones físicas y químicas.

- 24.1. Generalidades.
- 24.2. Durabilidad del hormigón.
- 24.3. Corrosión de las armaduras.

TÍTULO 2.º DE LA REALIZACION DEL PROYECTO

CAPITULO IV. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Artículo 25. Características del acero.

- 25.1. Diagramas tensión-deformación del acero.
- 25.2. Resistencia de cálculo del acero.
- 25.3. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero.

Artículo 26. Características del hormigón.

- 26.1. Definiciones.
- 26.2. Tipificación de la resistencia de proyecto.
- 26.3. Resistencia mínima del hormigón en función de la del acero.
- 26.4. Diagramas tensión-deformación del hormigón.
- 26.5. Resistencia de cálculo del hormigón.
- 26.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón.
- 26.7. Módulo de deformación longitudinal del hormigón.
- 26.8. Retracción del hormigón.

- 26.9. Fluencia del hormigón.
- 26.10. Coeficiente de Poisson.
- 26.11. Coeficiente de dilatación térmica.

CAPITULO V. ACCIONES

Artículo 27. Clasificación de las acciones.

- 27.1. Cargas o acciones directas.
- 27.2. Acciones indirectas.

Artículo 28. Valores característicos de las acciones.

- 28.1. Generalidades.
- 28.2. Valores característicos de las cargas permanentes.
- 28.3. Valores característicos de las cargas variables.
- 28.4. Valores característicos de las acciones indirectas.
- 28.5. Valores característicos de las acciones debidas al proceso constructivo.

Artículo 29. Determinación de los efectos originados por las acciones.

- 29.1. Generalidades.
- 29.2. Datos generales para el cálculo de solicitaciones.

CAPITULO VI. BASES DE CALCULO

Artículo 30. Proceso general de cálculo.

- 30.1. Generalidades.
- 30.2. Estados límites últimos.
- 30.3. Estados límites últimos de utilización.

Artículo 31. Coeficientes de seguridad.

- 31.1. Estados límites últimos.
- 31.2. Estados límites de utilización.

Artículo 32. Establecimiento de acciones de cálculo e hipótesis de carga más desfavorable.

Artículo 33. Comprobaciones que deben realizarse.

Artículo 34. Consideraciones sobre las acciones de carácter extraordinario.

Artículo 35. Comprobaciones relativas al estado límite de equilibrio.

CAPITULO VII. CALCULO DE SECCIONES

Artículo 36. Principios generales de cálculo de secciones sometidas a solicitaciones normales.

- 36.1. Hipótesis básicas.
- 36.2. Dominios de deformación.
- 36.3. Compresión simple o compuesta.
- 36.4. Compresión simple en piezas zunchadas.
- 36.5. Flexión esviada simple o compuesta.

Artículo 37. Metodo simplificado del momento tope.

Artículo 38. Disposiciones relativas a las armaduras.

- 38.1. Flexión simple o compuesta.
- 38.2. Compresión simple o compuesta.
- 38.3. Cuantías geométricas mínimas.
- 38.4. Tracción simple o compuesta.

Artículo 39. Cálculo resistente de secciones sometidas a solicitaciones tangentes.

- 39.1. Resistencia a esfuerzo cortante.
 - 39.1.1. Consideraciones generales.
 - 39.1.2. Regla de cosido.
 - 39.1.3. Resistencia a esfuerzo cortante de elementos lineales.
 - 39.1.3.1. Esfuerzo cortante reducido.
 - 39.1.3.2. Comprobaciones que hay que realizar.
 - 39.1.3.2.1. Obtención de V_{u1} .
 - 39.1.3.2.2. Obtención de V_{u2} .
 - 39.1.3.2.3. Casos especiales de carga.
 - 39.1.3.3. Disposiciones relativas a las armaduras.
 - 39.1.3.3.1. Armaduras transversales.
 - 39.1.3.3.2. Armaduras longitudinales.
 - 39.1.3.4. Unión de las alas de una viga con el alma.
 - 39.1.4. Resistencia a esfuerzo cortante de placas y losas.
 - 39.1.4.1. Sección resistente.
 - 39.1.4.2. Comprobaciones que hay que realizar.
 - 39.1.4.2.1. Obtención de V_{u1} .
 - 39.1.4.2.2. Obtención de V_{u2} .
 - 39.1.4.3. Disposiciones relativas a las armaduras.
 - 39.1.4.3.1. Armaduras transversales.
 - 39.1.4.3.2. Armaduras longitudinales.

39.2. Torsión.

- 39.2.1. Generalidades.
- 39.2.2. Disposiciones de las armaduras.
- 39.2.3. Comprobaciones relativas al hormigón.
- 39.2.4. Comprobaciones relativas a la armadura.
- 39.2.5. Torsión y flexión.

Artículo 40. Anclaje de las armaduras.

- 40.1. Generalidades.
- 40.2. Anclaje de las barras lisas.
- 40.3. Anclaje de las barras corrugadas.
- 40.4. Reglas especiales para el caso de grupos de barras.
- 40.5. Anclaje de mallas electrosoldadas.

Artículo 41. Empalme de las armaduras.

- 41.1. Generalidades.
- 41.2. Empalmes por solapo.
- 41.3. Empalmes por solapo de grupos de barras.
- 41.4. Empalmes por solapo de mallas electrosoldadas.
- 41.5. Empalmes por soldadura.

Artículo 42. Adherencia de las armaduras.

- 42.1. Condición de adherencia.

Artículo 43. Pandeo.

- 43.1. Generalidades.
 - 43.1.1. Campo de aplicación.
 - 43.1.2. Definiciones.
- 43.2. Bases generales de comprobación.
 - 43.2.1. Método general.
 - 43.2.2. Características de los materiales.
 - 43.2.3. Excentricidad accidental.
 - 43.2.4. Deformaciones diferidas.
- 43.3. Comprobación de estructuras intraslacionales.
- 43.4. Comprobación de estructuras traslacionales.
- 43.5. Comprobación de soportes aislados.
 - 43.5.1. Método general.
 - 43.5.2. Método aproximado.

Artículo 44. Comprobación de las condiciones de fisuración.

- 44.1. Generalidades.
- 44.2. Comprobación relativa al diámetro de las barras.
- 44.3. Comprobación relativa a la zona de tracción.

Artículo 45. Deformaciones.

- 45.1. Generalidades.
- 45.2. Cálculo de flechas.
- 45.3. Limitaciones prácticas relativas a las flechas.

CAPITULO VIII. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Artículo 46. Elementos estructurales de hormigón en masa.

- 46.1. Ambito de aplicación.
- 46.2. Hormigones utilizables.
- 46.3. Resistencia de cálculo del hormigón.
- 46.4. Diagrama tensión-deformación del hormigón.
- 46.5. Acciones de cálculo.
- 46.6. Cálculo de secciones a compresión.
- 46.7. Cálculo de secciones a compresión y esfuerzo cortante.
- 46.8. Consideración de la esbeltez.
 - 46.8.1. Anchura virtual.
 - 46.8.2. Longitud de pandeo.
 - 46.8.3. Esbeltez.
 - 46.8.4. Excentricidad ficticia.

Artículo 47. Forjados de edificación.

- 47.1. Tipos de forjados.
- 47.2. Piezas de entrevigado para forjados.
- 47.3. Condiciones para los forjados.

Artículo 48. Vigas.

Artículo 49. Soportes.

Artículo 50. Piezas en T.

- 50.1. Anchura eficaz de la cabeza.
- 50.2. Cálculo a esfuerzo cortante.

Artículo 51. Piezas de formas especiales.

- 51.1. Piezas de trazado curvo o poligonal.
- 51.2. Piezas con secciones delgadas.
- 51.3. Piezas de canto superior a sesenta centímetros.

Artículo 52. Estructuras reticulares planas.

- 52.1. Generalidades.
- 52.2. Cálculo simplificado de sollicitaciones.

Artículo 53. Placas sustentadas en dos bordes paralelos.

- 53.1. Generalidades.
- 53.2. Placas sustentadas en dos bordes paralelos sometidas a cargas uniformemente repartidas.
- 53.3. Placas sustentadas en dos bordes paralelos sometidas a cargas concentradas.
- 53.4. Determinación de la anchura eficaz.

Artículo 54. Placas rectangulares sustentadas en su contorno.

- 54.1. Generalidades.
- 54.2. Cálculo de momentos.
- 54.3. Disposición de armaduras.
- 54.4. Reacciones en los apoyos.

Artículo 55. Placas sobre apoyos aislados.

- 55.1. Campo de aplicación.
- 55.2. Definiciones.
- 55.3. Disposiciones relativas a las dimensiones de los distintos elementos.
- 55.4. Método de cálculo basado en los pórticos virtuales.
- 55.5. Comprobación a punzonamiento.
- 55.6. Disposiciones constructivas.

Artículo 56. Láminas.

- 56.1. Generalidades.
- 56.2. Principios de cálculo.
- 56.3. Disposiciones relativas al hormigón.
- 56.4. Disposiciones relativas a las armaduras.

Artículo 57. Cargas concentradas sobre macizos.

- 57.1. Tensión de contacto localizada.
- 57.2. Armaduras transversales.

Artículo 58. Zapatas, encepados y losas de cimentación.

- 58.1. Generalidades.
 - 58.2. Cargas y reacciones.
 - 58.3. Tipos de encepados y zapatas.
 - 58.4. Encepados y zapatas tipo I.
 - 58.4.1. Cálculo a flexión.
 - 58.4.1.1. Sección de referencia S₁.
 - 58.4.1.1.1. Cálculo del momento flector.
 - 58.4.1.1.2. Determinación de la armadura.
 - 58.4.1.1.3. Disposición de la armadura.
 - 58.4.1.2. Zapatas apoyadas sobre el terreno.
 - 58.4.1.3. Encepados sobre pilotes.
 - 58.4.1.3.1. Encepados sobre dos pilotes.
 - 58.4.1.3.2. Encepados sobre varios pilotes.
 - 58.4.1.3.2.1. Armadura principal.
 - 58.4.1.3.2.2. Armadura secundaria.
 - 58.4.1.3.3. Vigas riostras.
 - 58.4.2. Adherencia de las armaduras en zapatas apoyadas sobre el terreno.
 - 58.4.3. Cálculo a cortante.
 - 58.4.3.1. Sección de referencia S₂.
 - 58.4.3.1.1. Caso general.
 - 58.4.3.1.2. Caso de zapatas alargadas.
 - 58.4.3.1.3. Caso de encepados sobre pilotes próximos al soporte.
 - 58.4.3.2. Cálculo del esfuerzo cortante.
 - 58.4.3.3. Valor de cálculo del cortante.
 - 58.4.3.3.1. Zapatas apoyadas sobre el terreno.
 - 58.4.3.3.2. Encepados sobre pilotes.
 - 58.4.3.3.3. Resistencia local a cortante.
- 58.5. Encepados y zapatas tipo II.
- 58.6. Encepados y zapatas tipo III.
 - 58.6.1. Cálculo a flexión.
 - 58.6.2. Cálculo a cortante.
 - 58.6.2.1. Cálculo como elemento lineal.
 - 58.6.2.2. Cálculo a punzonamiento.
 - 58.6.3. Comprobación a adherencia.
- 58.7. Zapatas de hormigón en masa.
- 58.8. Dimensiones y armaduras mínimas.
 - 58.8.1. Cantos y dimensiones mínimas.
 - 58.8.2. Armadura mínima longitudinal.
 - 58.8.3. Armadura mínima transversal.

Artículo 59. Vigas de gran canto.

- 59.1. Generalidades.
 59.2. Anchura mínima.
 59.3. Cálculo de los esfuerzos longitudinales.
 59.4. Armaduras longitudinales principales.
 59.4.1. Vigas de gran canto simplemente apoyadas.
 59.4.2. Vigas de gran canto continuas.
 59.5. Armaduras de alma.
 59.5.1. Cargas aplicadas a la parte superior de la viga.
 59.5.2. Cargas aplicadas en la parte inferior de la viga.
 59.5.3. Cargas de aplicación indirecta.
 59.6. Dimensionado de las zonas de apoyo.
 59.7. Cargas concentradas en la vertical de los apoyos.

Artículo 60. Soportes compuestos.**Artículo 61. Ménsulas cortas.**

- 61.1. Definición.
 61.2. Cálculo de las armaduras.
 61.2.1. Esfuerzos.
 61.2.2. Armadura principal.
 61.2.2.1. Cálculo de A_{sf} .
 61.2.2.2. Cálculo de A_{sn} .
 61.2.2.3. Cálculo de A_{sv} .
 61.2.3. Armaduras secundarias.
 61.3. Anclaje de las armaduras.
 61.4. Cargas colgadas.

TITULO 3.º DEL CONTROL**CAPITULO IX. CONTROL DE MATERIALES****Artículo 62. Control de calidad.****Artículo 63. Control de los componentes del hormigón.**

- 63.1. Cemento.
 63.2. Agua de amasado.
 63.3. Aridos.
 63.4. Aditivos.

Artículo 64. Control de la calidad del hormigón.**Artículo 65. Control de la consistencia del hormigón.****Artículo 66. Control de la resistencia del hormigón.****Artículo 67. Ensayos previos del hormigón.****Artículo 68. Ensayos característicos del hormigón.****Artículo 69. Ensayos de control del hormigón.**

- 69.1. Generalidades.
 69.2. Control total (control al 100 por 100).
 69.3. Control estadístico del hormigón.
 69.3.1. Ensayos de control a nivel reducido.
 69.3.2. Ensayos de control a nivel normal.
 69.3.3. Ensayos de control a nivel intenso.
 69.4. Decisiones derivadas del control de resistencia.

Artículo 70. Ensayos de información del hormigón.**Artículo 71. Control de la calidad del acero.**

- 71.1. Generalidades.
 71.2. Control a nivel reducido.
 71.3. Control a nivel normal.
 71.4. Control a nivel intenso.
 71.5. Ensayo de aptitud al soldeo en obra.
 71.6. Condiciones de aceptación o rechazo de los aceros.

CAPITULO X. CONTROL DE LA EJECUCION**Artículo 72. Control de la ejecución.**

- 72.1. Generalidades.
 72.2. Control de ejecución a nivel reducido.
 72.3. Control de ejecución a nivel normal.
 72.4. Control de ejecución a nivel intenso.

Artículo 73. Pruebas de la obra.

- 73.1. Generalidades.
 73.2. Realización de pruebas de carga.
 73.3. Forma de realizar las pruebas de carga.
 73.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de carga.

PARTE II. ANEJOS**ANEJO 1**

Notación.

ANEJO 2

Definiciones.

ANEJO 3

Recomendaciones prácticas para la utilización de los cementos.

ANEJO 4

Normas para la utilización del cemento aluminoso.

ANEJO 5

Homologación de la adherencia de barras corrugadas.

Capítulo I. Número de ensayos y exigencias mínimas.

Capítulo II. Ensayo de adherencia de aceros para armaduras de hormigón armado.

Capítulo III. Interpretación de resultados.

ANEJO 6

Protección adicional contra el fuego.

ANEJO 7

Método de cálculo simplificado del momento tope.

Capítulo I. Planteamiento teórico general.

Capítulo II. Aplicación práctica del método.

Capítulo III. Sección rectangular.

Capítulo IV. Sección en T.

PARTE I**Articulado y comentarios****CAPITULO PRIMERO****Introducción****ARTICULO 1.º CAMPO DE APLICACION DE LA INSTRUCCION**

Se refiere la presente Instrucción a las construcciones, estructuras y elementos estructurales de hormigón, en masa o armado, fabricados con materiales que cumplan las condiciones indicadas en la misma.

Expresamente se excluyen del campo de aplicación de esta Instrucción:

— Los hormigones especiales, tales como los ligeros, los pesados, los refractarios y los compuestos con amiantos, serrines u otras sustancias análogas.

— Los hormigones armados con acero de límite elástico superior a 8.000 kp/cm².

— Los hormigones que hayan de estar expuestos a temperaturas superiores a 70° C.

— Las estructuras de hormigón pretensado.

— Las estructuras mixtas de hormigón y perfiles de acero.

Para obras especiales, esta Instrucción deberá ser complementada con las reglamentaciones específicas aplicables a las mismas o con las medidas o disposiciones derivadas de las características de la propia obra y de su utilización.

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.

El Comité Eurointernacional del Hormigón define los hormigones estructurales de acuerdo con su peso específico, en:

Hormigones: Peso específico.

Normales: Superior a 2.000 y hasta 2.800 Kg/m³.

Ligeros: De 1.200 a 2.000 Kg/m³.

Pesados: Superiores a 2.800 Kg/m³.

Dado que las características de los hormigones ligeros, pesados y refractarios son distintas de las de los hormigones normales, 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 algunas 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

Los términos y vocablos de significación dudosa o poco conocida que aparecen a lo largo de la presente Instrucción se interpretarán con el significado que se les asigna en la lista de definiciones incluidas en el anejo 2.

ARTICULO 3.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 utilizados se adaptan a las normas generales al efecto establecidas por el Comité mixto CEB-FIP (Comité Eurointernacional del Hormigón-Federación Internacional del Pretensado).

En el Anejo 1 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 88/1967, de 8 de noviembre («Boletín Oficial del Estado» del 10), y Decreto 1257/1974 («Boletín Oficial del Estado» de 8 de mayo).

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

a) 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:

$$\text{para resistencias y tensiones: } \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{MPa}$$

para fuerzas: kN

$$\text{para fuerzas por unidad de longitud: } \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{para fuerzas por unidad de superficie: } \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{para fuerzas por unidad de volumen: } \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

para momentos: kN . m

ARTICULO 4.º DOCUMENTOS DEL PROYECTO

4.1. 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 («Boletín Oficial del Estado» de 23 de abril de 1965, en la Ley 5/1973, de 17 de marzo, sobre modificación parcial de la anterior («Boletín Oficial del Estado» de 21 de marzo de 1973), en el Reglamento General de Contratación de Obras del Estado, aprobado por Decreto 3410/1975, de 25 de noviembre («Boletín Oficial del Estado» de 27 y 29 de diciembre de 1975), y en el pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del Estado, aprobado por Decreto 3854/1970, de 31 de diciembre («Boletín Oficial del Estado» de 18 de febrero de 1971).

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 la obra y se regulará su ejecución.

— Presupuesto integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios descompuestos, estados de cubricaciones 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 obras del Estado o de sus Organismo 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 aquel con la misma titulación profesional, pueda interpretar o dirigir con arreglo al mismo los trabajos correspondientes.

4.2. Memoria.

4.2.1. 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, métodos de cálculo, niveles de control previstos y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollo se incluirán en anejos especiales.

También figurarán en otros anejos: el estudio del terreno de cimentación, los materiales y los ensayos realizados con los mismos, la justificación del cálculo y 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.

4.2.2. 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:

a) Se recomienda utilizar precisamente la notación adoptada en esta Instrucción, completándola, cuando resulta insuficiente, con símbolos que observen las reglas generales, dadas en el anejo 1. Estos símbolos adicionales serán los únicos cuyo significado habrá que explicar en el anejo de cálculo.

b) Se incluirán las indicaciones necesarias para identificar el elemento que se calcula, mediante las oportunas referencias a los planos o a los croquis suplementarios.

c) Se especificará el origen y la naturaleza de las cargas, así como de cualquier valor introducido como resultado de cálculos precedentes.

d) Se incluirán los datos de partida utilizados en el cálculo en relación con los materiales.

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 debe 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.

4.2.3. 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, etcétera.

— 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.

4.3. Planos.

Los planos deberán ser lo suficientemente descriptivos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos deberán poder deducirse 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.

Comentarios.

Las prescripciones incluidas acerca de la unidad en que deben expresarse las cotas tiende a facilitar la rápida comprensión 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 cuando el símbolo genérico \varnothing pueda dar lugar a confusión.

4.4. 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.
- 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 deban alcanzar di-

chas 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 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.

4.5. 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 pie 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 referido 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 ar-

maduras, en kilogramos, y en la unidad que convenga 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.

4.6. 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.

4.7. 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 28 y 59 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 a referencia del plano.

Se conservará una copia al menos de cada uno de los sucesivos planos; pero en obra, para evitar confusiones, se reti-

rán o mejor aún se destruirán las copias afectadas por la modificación y que quedan sustituidas por los planos rectificadas.

4.8. 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.

TITULO PRIMERO

De los materiales y ejecución

CAPITULO II

Materiales

ARTICULO 5.º CEMENTO

5.1 Cementos utilizables.

El cemento empleado podrá ser cualquiera de los que se definen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos (RC-75), con tal que sea de una categoría no inferior a la 250 y satisfaga las condiciones que en dicho pliego se prescriben. Además, el cemento deberá ser capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que a éste se exigen en el artículo 10.

El empleo del cemento aluminoso deberá ser objeto, en cada caso, de estudio especial, exponiendo las razones que aconsejan su uso y observándose estrictamente las especificaciones contenidas en el anexo 4.

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 análisis y ensayos correspondientes a la producción de la jornada a que pertenezca la partida servida.

Comentarios.

De acuerdo con lo establecido en el articulado, los tipos, clases y categorías de los cementos utilizables son los que se indican en el siguiente cuadro:

Tipos	Clases	Categorías	Designaciones
Portland.		350	P-350
		450	P-450
		550	P-550
Portland con adiciones activas.		350	PA-350
		450	PA-450
		550	PA-550
Siderúrgico.	I	350	S-I-350
		450	S-I-450
	II	350	S-II-350
		250	S-III-250
	III	350	S-III-350
		450	
Puzolánico.	I	250	PUZ-I-250
		350	PUZ-I-350
		450	PUZ-I-450
	II	250	PUZ-II-250
		350	PUZ-II-350
		450	PUZ-II-450
Aluminoso.		550	A-550

Dentro de los indicados, el pliego también recoge cementos con propiedades adicionales, que son las que se indican en el siguiente cuadro:

Cementos con propiedades adicionales

Tipo	Cementos de alta resistencia inicial	Cementos portland resistentes al yeso	Cementos de bajo calor de hidratación	Cementos blancos
	Clases y categorías			
Portland.	P-350-ARI P-450-ARI P-550-ARI	P-350-Y P-450-Y P-550-Y	P-350-BC	P-350-B P-450-B P-550-B

Los cementos de categoría inferior a la 250, especialmente idóneos para ciertas finalidades ajenas al campo de esta Instrucción, poseen unas características físico-mecánicas que, unidas a que su estabilidad de volumen no está garantizada por el pliego, no llegan a ofrecer las garantías mínimas necesarias para que sea confiable su empleo en obras de hormigón, especialmente por lo que respecta a sus condiciones de resistencia y durabilidad.

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 higrotérmico u otro análogo, con el fin de conseguir un rápido fraguado y endurecimiento.

En el anejo 3 de esta Instrucción se incluyen algunas recomendaciones relativas al empleo de los distintos tipos de cementos.

5.2. 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 setenta 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 compróbarse, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presenta tendencia a experimentar falso fraguado.

Cuando 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 lo aislen de la humedad.

Si el período 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 días 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 período 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 68, 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 período 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 cemento en el hormigón. Este aumento de dosificación, no obstante, vendrá limitado por la cifra máxima de 400 kg/m³ prescrita con carácter general en el artículo 14 de esta Instrucción, 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 6.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.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas, y salvo justificación 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)	≧ 5.
— Sustancias disueltas (UNE 7130)	≧ 15 gramos por litro (15.000 p.p.m.).
— Sulfatos, expresados en SO ₄ ⁼ (UNE 7131), excepto para el cemento PY, en que se eleva este límite a cinco gramos por litro (5.000 p.p.m.)	≧ 1 gramo por litro (1.000 p.p.m.).
— Ión cloro Cl ⁻ (UNE 7178) para hormigón con armaduras	≧ 6 gramos por litro (6.000 p.p.m.).
— Hidratos de carbono (UNE 7132)	0.
— Sustancias orgánicas solubles en éter (UNE 7235)	≧ 15 gramos por litro (15.000 p.p.m.).

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

Podrán, sin embargo, emplearse aguas de mar o aguas salinas análogas para amasar hormigones que no tengan armadura alguna.

Comentarios.

Resulta más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas en su curado que en su amasado. Por ello puede usarse el agua de mar para amasar hormigones que no vayan a llevar armaduras a costa de una disminución de la resistencia, pero no es aconsejable emplearla como agua de curado.

Efectivamente, parece comprobado que la utilización del agua de mar reduce la resistencia del hormigón (en un 15 por 100 aproximadamente). Por ello su empleo debe condicionarse no sólo a que sean o no admisibles las manchas y eflorescencias que habitualmente origina su uso, sino también a que el hormigón con ella fabricado cumple las características resistentes exigidas.

Conviene analizar sistemáticamente las aguas que ofrezcan duda para comprobar que no aumenta su salinidad o demás impurezas a lo largo del tiempo (como suele suceder, por ejemplo, cuando el abastecimiento proviene de pozos).

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. Cuando se trate de hormigón en masa, por tanto, el límite establecido puede ampliarse elevándolo del orden de tres o cuatro veces.

En las sustancias orgánicas solubles de éter quedan incluidos no sólo los aceites y las grasas de cualquier origen, sino también otras sustancias que puedan afectar desfavorablemente al fraguado y/o 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 7.º ARIDOS

7.1. 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 exijan a éste en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas, escorias siderúrgicas apropiadas u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles o en caso de duda, deberá comprobarse que cumplen las condiciones del 7.3.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan o puedan contener piritas o cualquier otro tipo de sulfuros. Las escorias siderúrgicas, no obstante, podrán utilizarse siempre que cumplan las prescripciones del 7.3.

Se entiende por «arena» o «árido fino» el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de cinco milímetros de luz 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 a 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 pirita, de yeso, compuestos ferrosos, etc.

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.

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

De los tres grupos de ensayo citados, el apartado 7.3 recoge solamente los del primero, más el de heladicidad, correspondiente al segundo. No siendo este último ensayo de interés general, su obligatoriedad se deja, como es lógico, a criterio del pliego de prescripciones técnicas particulares, el cual podrá exigir además a la vista de las circunstancias que concurran en la obra de que se trate, la realización de los ensayos adicionales que considere oportunos.

7.2. Limitación de tamaño.

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

- a) Los cinco sextos de la distancia horizontal libre entre armaduras independientes o entre éstas y el borde de la pieza, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón (13.2).
- b) Cuatro tercios entre una armadura y el paramento más próximo (13.3).
- c) La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona.
- d) Un tercio de la anchura libre de los nervios de los forjados (47.3).
- e) Un medio del espesor mínimo de la losa superior en los forjados (47.3).

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

La totalidad de árido será de tamaño inferior al doble del menor de los límites aplicables en cada caso.

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 en los que el límite c) puede elevarse al tercio.

Cuando el hormigón deba pasar por entre varias capas de armaduras, convendrá emplear un tamaño de árido más pequeño que el que corresponde a los límites a) o b) si fuese determinante.

7.3. Prescripciones y ensayos.

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos no excederá de los límites que se indican a continuación:

	Cantidad máxima en % 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 expresado en SO ₄ y referido al árido seco	1,20	1,20
Determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE 7245.		

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 álcalis del cemento. Realizado el análisis químico de la concentración de SiO₂, 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 SiO₂ resulta > R
- Para R < 70, la concentración de SiO₂ resulta > 35 + 0,5 R

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas, como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7243.

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 7.3.

Cuadro 7.3

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

Este doble ensayo solo 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 0,15. 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_i = volumen de cada grano;
- d_i = 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 7.1.

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 aciculars en una proporción excesiva, se limita inferiormente al coeficiente de forma de la grava. El valor límite establecido no es muy exigente, por lo que solo aquellos áridos que tienen gran cantidad de granos de forma inadecuada tendrán un coeficiente inferior a 0,15 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.

7.4. Almacenamiento.

Los áridos deberán almacenarse de tal forma que queden protegidos de una posible contaminación por el ambiente, y especialmente, por el terreno, no debiendo mezclarse de forma incontrolada los distintos tamaños.

Deberán también adoptarse las necesarias precauciones para eliminar en lo posible la 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 8.º ADITIVOS

Podrá autorizarse el empleo de todo tipo de aditivos, siempre que se justifique, mediante los oportunos ensayos, que la sustancia agregada en las proporciones previstas y disuelta en agua produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón ni representar un peligro para las armaduras.

Comentarios.

Como norma general, se recomienda utilizar tan sólo aquellos aditivos cuyas características (y especialmente su comportamiento al emplearlas 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.

El empleo del cloruro cálcico como acelerante suele ser beneficioso cuando se trata de hormigón en masa y se utiliza el producto en las debidas proporciones (del orden del 1,5 al 2 por 100 del peso del cemento); pero no puede decirse lo mismo en el caso de hormigones armados en los que su presencia provoca a veces, y favorece siempre, fenómenos más o menos retardados de corrosión de armaduras (véase el 22.3 y su comentario correspondiente). Por esta razón, si su empleo resulta necesario, es fundamental la consulta de textos especializados en el tema.

ARTICULO 9.º ARMADURAS**9.1. Generalidades.**

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

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

Para poder utilizar armaduras de otros tipos (perfiles laminados, chapas, etc.), será preciso una justificación especial, salvo en el caso de soportes compuestos previsto en el artículo 60 de esta Instrucción.

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

4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40 y 50 mm.

Los diámetros nominales de los alambres, lisos o corrugados, empleados en las mallas electrosoldadas se ajustarán a la serie siguiente:

4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14 mm.

Las barras y alambres no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente no será inferior al 95 por 100 de la 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_y del acero el valor de la tensión que produce una deformación remanente del 0,2 por 100.

Se prohíbe la utilización de alambres lisos trefilados como armaduras para hormigón armado, excepto como componentes de mallas electrosoldadas.

Los alambres corrugados que cumplan sólo las condiciones exigidas para ellos como componentes de mallas electrosoldadas podrán utilizarse como armadura transversal en elementos prefabricados.

En los documentos de origen figurarán la designación y características del material, según el correspondiente apartado 9.2, 9.3 y 9.4, así como la garantía del fabricante de que el material cumple las características exigidas en esta Instrucción.

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

Comentarios.

Los productos denominados «alambres» se asimilan a barras lisas o corrugadas, cuando cumplan las condiciones de éstas.

Se entiende por diámetro nominal de una barra corrugada el número convencional que define el círculo respecto al cual se establecen 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 cm^2 el cociente entre su peso en gramos y 7,85 veces su longitud en centímetros. El diámetro del círculo cuya área es igual a la sección equivalente se denomina diámetro equivalente.

La determinación de la sección equivalente de una barra debe realizarse después de limpiarla cuidadosamente para eliminar las posibles escamas de laminación y el óxido no adherido firmemente.

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_y puede emplearse en todos los casos, pero si resulta necesario distinguir los aceros de dureza natural y los estirados en frío, debe utilizarse f_y para los primeros y $f_{0,2}$ para los segundos.

En general, las barras lisas son recomendables para aquellos casos en los que se necesita poder realizar fácilmente las operaciones de doblado y desdoblado (por ejemplo, armaduras en espera) o 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 alambres corrugados o de mallas electrosoldadas.

Los alambres corrugados se fabrican por laminación en frío, y con los procesos actuales de producción, suelen presentar tres filas de nervios longitudinales, lo que los distingue de las barras corrugadas, cuya fabricación se efectúa siempre por laminación en caliente, seguida o no de un proceso de deformación en frío. Las características de los alambres corrugados son prácticamente las mismas que las de las barras, excepto en el caso de diámetros gruesos ($\varnothing \geq 12$ mm.), que suelen presentar una adherencia al hormigón ligeramente inferior (ver 9.4, 40.5 y 41.4).

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

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 para las barras 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.

Es conveniente que los fabricantes utilicen 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.

Características garantizadas:

- Diámetros nominales.
- Masas por metro.
- Características geométricas del corrugado.
- Características mecánicas.

- Características de adherencia.
- Condiciones de soldeo en su caso.
- Recomendaciones de empleo.

9.2. Barras lisas.

Barras lisas a los efectos de esta Instrucción son aquellas que no cumplen las condiciones de adherencia del 9.3. Cumplirán las condiciones siguientes, que serán garantizadas por el fabricante:

- Carga unitaria de rotura f_s comprendida entre 3.400 y 5.000 kp/cm².
- Límite elástico f_y igual o superior a 2.200 kp/cm².
- 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° efectuado a una temperatura de 23° ± 5° 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 kp/cm², 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°. Este ensayo se efectuará a una temperatura de 23° ± 5° C y en cada caso sobre un mandril de diámetro doble del utilizado en el ensayo de doblado simple a 180°.

Las tres primeras características citadas se determinarán de acuerdo con la norma UNE 7262.

Este acero se designa por AE 215 L.

Comentarios.

Se recomienda que el fabricante garantice un diagrama característico tensión-deformación del acero, hasta la deformación 10 por 1000, basado en una amplia experimentación.

Las condiciones exigidas a las barras lisas coinciden en lo esencial con las definidas en la UNE 36097/1.

9.3. 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 5 (UNE 7285/79) una tensión media de adherencia τ_{bm} y una tensión de rotura de adherencia τ_{bu} que cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

Diámetros inferiores a 8: $\tau_{bm} \geq 70 \text{ kp/cm}^2$
 $\tau_{bu} \geq 115 \text{ kp/cm}^2$

Diámetros de 8 a 32, ambos inclusive: $\tau_{bm} \geq 80 - 1,2 \varnothing$
 $\tau_{bu} \geq 130 - 1,9 \varnothing$

Diámetros superiores a 32: $\tau_{bm} \geq 42$
 $\tau_{bu} \geq 69$

donde τ_{bm} y τ_{bu} se expresan en kp/cm² y \varnothing en mm.

Las características de adherencia serán objeto de homologación mediante ensayos realizados en laboratorio oficial. En el certificado de homologación se consignarán obligatoriamente los límites de variación de las características geométricas de los resaltos. Estas características deben ser verificadas en el control de obra, después de que las barras hayan sufrido las operaciones de enderezado, si las hubiere.

Estas barras cumplirán además las condiciones siguientes:

— Las características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante de acuerdo con las prescripciones de la tabla 9.3.a.

— Ausencia de grietas después de los ensayos de doblado simple a 180°, y de doblado-desdoblado a 90° (apartados 9.2 y 9.3 de la UNE 36.088/1/79), sobre los mandriles que corresponda según tabla 9.3.b.

— Llevar grabadas las marcas de identificación establecidas en el apartado 11 de la UNE 36.088/1/79, relativas a su tipo y marca del fabricante.

TABLA 9.3.a

Características mecánicas mínimas garantizadas de las barras corrugadas

Designación	Clases de acero	Límite elástico f_y en kp/cm ² no menor que	Carga unitaria de rotura f_s en kp/cm ² no menor que (1)	Alargamiento de rotura en % sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación f_s/f_y en ensayo no menor que (2)
AEH 400N	Dureza natural	4100	5300	16	1,20
AEH 400F	Estirado en frío	4100	4500	12	1,05
AEH 500N	Dureza natural	5100	6100	14	1,15
AEH 500F	Estirado en frío	5100	5600	10	1,05
AEH 600N	Dureza natural	6100	7100	12	1,10
AEH 600F	Estirado en frío	6100	6700	8	1,05

(1) Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.
 (2) Relación mínima admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenido en cada ensayo.

TABLA 9.3.b

Diámetro de los mandriles

Designación	Doblado simple			Doblado-desdoblado		
	$\alpha = 180^\circ$ (1) (2)			$\alpha = 90^\circ \beta = 20^\circ$ (1) (2) (3)		
	d < 12	12 < d < 25	d > 25	d < 12	12 < d < 25	d > 25
AEH-400N	3 d	3,5 d	4 d	6 d	7 d	8 d
AEH-400F	3 d	3,5 d	4 d	6 d	7 d	8 d
AEH-500N	4 d	4,5 d	5 d	8 d	9 d	10 d
AEH-500F	4 d	4,5 d	5 d	8 d	9 d	10 d
AEH-600N	5 d	5,5 d	6 d	10 d	11 d	12 d
AEH-600F	5 d	5,5 d	6 d	10 d	11 d	12 d

(1) d = diámetro nominal de la barra.
 (2) α = ángulo de doblado.
 (3) β = ángulo de desdoblado.

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 el 71.5.

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 τ_a de adherencia. Por ello se trata este tema refiriéndolo a un método de ensayo internacionalmente adoptado (anejo 5) (UNF 7285/79), donde se definen las tensiones τ_{bm} y τ_{bu} y el procedimiento operatorio.

La homologación del acero significa el reconocimiento de que cumple con las condiciones exigidas. Como se indica en el anejo 5 (UNE 7285/79), los ensayos de homologación comprenden para cada forma de corrugado y límite elástico tres series de ensayos de 25 probetas cada serie, referidas a los diámetros 8,16 y 32 milímetros, respectivamente. Para la elaboración de las probetas se parte de un total de 25 barras de 10 metros de longitud por cada diámetro.

Una vez homologada la adherencia de un acero basta comprobar en obra, mediante un control geométrico, que los resaltes o corrugas 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 soldo de un acero va íntimamente ligada con el procedimiento que se utilice para soldar.

Independientemente de las marcas indicativas del límite elástico garantizado, previstas en UNE 38088/1/79, se recomienda que las barras se suministren a obra con un extremo marcado con pintura, de acuerdo con el siguiente código:

Tipo de acero	Color
AEH 400	Amarillo.
AEH 500	Rojo.
AEH 600	Azul.

Las condiciones exigidas a las barras corrugadas coinciden en lo esencial con las definidas en la UNE 38088/1/79.

9.4. Mallas electrosoldadas.

Mallas electrosoldadas, a los efectos de esta Instrucción, son aquellas que cumplen las condiciones prescritas en la norma UNE 38092/1/79.

Se entiende por malla corrugada la fabricada con alambres corrugados que cumplen las condiciones de adherencia especificadas en 9.3 y lo especificado en la tabla 9.4. Se entiende por malla lisa la fabricada con alambres lisos trellados que cumplen lo especificado en la tabla 9.4, pero que no cumplen las condiciones de adherencia de los alambres corrugados.

Cada panel debe llegar a obra con una etiqueta en la que se haga constar la marca del fabricante y la designación de la malla.

TABLA 9.4

Características mecánicas mínimas garantizadas de los alambres que forman las mallas electrosoldadas

Designación de los alambres	Ensayo de tracción (1)				Ensayo de doblado simple $\alpha = 180^\circ$ (5) Diámetro del mandril D	Ensayo de doblado desdoblado $\alpha = 90^\circ \beta = 20^\circ$ (6) Diámetro del mandril D'
	Límite elástico f_y kp/cm ² (2)	Carga unitaria f_B kp/cm ² (2)	Alargamiento de rotura (porcentaje) sobre base de 5 diám.	Relación f_B/f_y		
AEH 500 T	5.100	5.600	(3)	(4)	4 d (7)	8 d (7)
AEH 600 T	6.100	6.700	8	(4)	5 d (7)	10 d (7)

(1) Valores característicos inferiores garantizados.
 (2) Para la determinación del límite elástico y la carga unitaria se utilizará como divisor de las cargas el valor nominal del área de la sección transversal.
 (3) A por 100 = $20 - 0,02 f_{y,1}$ no menor del 8 por 100, siendo $f_{y,1}$ el límite elástico medido en cada ensayo.
 (4) $\frac{f_B}{f_y} = 1,05 - 0,1 \frac{f_{y,1}}{f_B} - 1$ no menor de 1,03, siendo $f_{y,1}$ el límite elástico obtenido en cada ensayo.
 (5) α = ángulo de doblado.
 (6) β = ángulo de desdoblado.
 (7) d = diámetro nominal del alambre.

Comentarios.

Las mallas electrosoldadas corrugadas se designarán de la forma siguiente:

ME sxs_t BØd - d_t AEH X lxb

Las mallas electrosoldadas lisas se designarán de la forma siguiente:

ME sxs_t BØL d - d_t AEH XL lxb

Siendo:

- s, s_t = Las separaciones entre alambres longitudinales y transversales, respectivamente, expresadas en cm.
- B = El distintivo del tipo de ahorro, que consistirá en sustituir la letra B por A si el ahorro es estándar, y por E si es especial, suprimiéndose la letra B si la malla no tiene barras de ahorro de borde.
- d, d_t = Los diámetros de los alambres longitudinales y transversales, respectivamente, expresados en mm. Cada diámetro d o d_t irá seguido de la letra D' en las mallas dobles, y por la letra P en las mallas de pares.
- l = Distancia expresada en metros de la longitud del panel para las mallas no estándar.
- b = Distancia expresada en metros de la anchura del panel para las mallas no estándar.

Ejemplo de designación de una malla electrosoldada. Designación de una malla electrosoldada de alambre corrugado de alta adherencia y límite elástico 5.100 kp/cm² con separación entre ejes de alambres longitudinales de 150 milímetros y entre ejes de los transversales de 300 milímetros, diámetro de los alambres longitudinales 10 milímetros, diámetro de los alambres transversales, 6,5 milímetros; longitud del panel, cinco metros, y anchura, dos metros, con ahorro estándar.

ME 15 x 30 AØ10 - 6,5 AEH 500T 5 x 2

Debe tenerse en cuenta que la identificación de los diámetros en obra debe realizarse con especial cuidado, ya que de otra forma, al variar los diámetros de medio en medio milímetro, pueden producirse errores de identificación, en especial con mallas corrugadas.

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

ARTICULO 10. HORMIGONES

10.1. Composición.

La composición elegida para la preparación de las mezclas destinadas a la construcción de estructuras o elementos estructurales 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 (diámetros, 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 5.º, 6.º, 7.º y 8.º

Comentarios.

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.

Los hormigones que vayan a ser utilizados en obras expuestas a ambientes muy agresivos deberán ser objeto de estudios especiales. 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 composiciones pueden ser superabundantes con respecto a las exigidas por razones resistentes.

10.2. 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 ductilidad y tamaño máximo del árido, y cuando sea preciso, las referentes a su resistencia a tracción, contenido máximo y mínimo de cemento, 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.

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 de esta resistencia 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 4.4, 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 26), equivalente a admitir un porcentaje de amasadas defectuosas, o con 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.

10.3. Características mecánicas.

Las características mecánicas de los hormigones empleados en las estructuras, deberán cumplir las condiciones impuestas en el artículo 26.

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 la resistencia a compresión a la edad de noventa días.

La resistencia a tracción de un hormigón f_{ct} puede ser exigida por el pliego de prescripciones técnicas particulares en ciertas obras, controlándose mediante ensayos.

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 a compresión f_{ck} viene dada por la fórmula:

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

donde $f_{ct,k}$ y f_{ck} están expresadas en 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 sobrepase 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 $\pm 15\%$.

La determinación de la resistencia a tracción puede hacerse mediante el ensayo brasileño que se describe a continuación:

Sobre probetas cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura y veintiocho días de edad. El ensayo se realizará según la disposición de la figura 10.3, con lo que se produce la rotura por hendimiento.

La resistencia a tracción viene dada por:

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

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

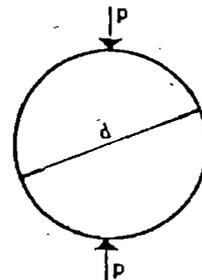


Fig. 10.3

10.4. 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 10.4.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 10.4.b y 10.4.c.

CUADRO 10.4.a

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

Tipo de probeta (supuesta con caras enfrentadas)	Dimensiones (cm.)	Coeficiente de conversión a la probeta cilíndrica de 15 x 30 cm.	
		Límites de variación	Valores medios
Cilindro	15 x 30	—	1,00
Cilindro	10 x 20	0,94 a 1,00	0,97
Cilindro	25 x 50	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	15 x 15 x 45	0,90 a 1,20	1,05
Prisma	20 x 20 x 60	0,90 a 1,20	1,05

CUADRO 10.4.b

Resistencia a compresión sobre probetas del mismo tipo

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

CUADRO 10.4.c

Resistencia a tracción sobre probetas del mismo tipo

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

10.5. Valor mínimo de la resistencia.

La resistencia de proyecto f_{ck} (véase 26.1) no será inferior, en hormigones en masa y armados, a 125 kp/cm².

10.6. 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 coqueas. 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.

Se exceptúa de lo anterior el caso de hormigones fluidificados por medio de un superplastificante. La producción y puesta en obra de estos hormigones deberán realizarse según sus reglas específicas.

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

Consistencia	Asiento en centímetros
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 centímetros
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.

Esta prohibición no afecta al caso en que se empleen superplastificantes, los cuales transforman, por un tiempo limitado, una consistencia plástica e incluso seca en una consistencia fluida e incluso líquida.

Respecto a la determinación de la consistencia, el procedimiento que se prescribe es simple 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 enérgico 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.

CAPITULO III

Ejecución

ARTICULO 11. 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 asentos 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.

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 revestimientos 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.

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, esta presente una ligera contraflecha (del orden del milésimo de la luz) para conseguir un aspecto agradable.

ARTICULO 12. DOBLADO DE LAS ARMADURAS

Las armaduras se doblarán ajustándose a los planos e instrucciones del proyecto. En general, esta operación se realizará en frío y velocidad moderada, por medios mecánicos, no admitiéndose ninguna excepción en el caso de aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales.

Cuando se trate de armadura de acero AE 215 L (9.2), 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, salvo indicación en contrario del proyecto, se realizará con diámetros interiores «d» que cumplan las condiciones siguientes

- No ser inferiores a los indicados en el artículo 9.º para el ensayo de doblado-desdoblado
- No ser inferiores a diez veces el diámetro de la barra.
- No ser inferiores al valor deducido de la siguiente expresión:

$$d = \frac{2f_{yk}}{3f_{ck}} \cdot \varnothing$$

siendo:

\varnothing = diámetro nominal de la barra (véase su definición en 9.1).
 f_{yk} = límite elástico de proyecto del acero (véase su definición en 25.1)

f_{ck} = resistencia de proyecto del hormigón (véase su definición en 26.1), expresada en las mismas unidades que f_{yk} .

En el caso de que el recubrimiento lateral de la barra doblada sea superior a dos veces el diámetro de la barra podrá reducirse la tercera limitación, aplicando un factor igual a 0,6 al valor dado por la fórmula anterior.

Los cercos o estribos podrán doblarse con diámetros inferiores a los anteriormente indicados con tal de que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración. Para evitar esta fisuración, el diámetro empleado no deberá ser inferior al indicado en el artículo 9.º para el ensayo de doblado simple, ni a tres centímetros.

En el caso de las mallas electrosoldadas rigen también las limitaciones anteriores, pero excepcionalmente puede aceptarse que el diámetro de doblado sea inferior al del ensayo de doblado-desdoblado indicado en el artículo 9.º, en cuyo caso no deberá efectuarse el doblado de la barra a menos de cuatro diámetros, contados a partir del nudo más próximo.

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.

La limitación impuesta en el artículo 12 que se comenta, para el diámetro 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 a 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 diámetros menores que los prescritos en el articulado, deberá estudiarse el valor mínimo que se puede asignar a dichos diámetros 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.

La tercera limitación del articulado tiene por objeto evitar daños locales en el hormigón. Para su establecimiento se ha partido de las especificaciones del 13.3 relativas a recubrimiento lateral.

Respecto al doblado de cercos o estribos, sobre todo si son de acero especial, se llama la atención sobre el riesgo que entraña realizar esa operación con diámetros 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.

Si resulta imprescindible realizar desdoblados en obra, como, por ejemplo, en el caso de algunas armaduras en espera, será necesario justificar experimentalmente la idoneidad del proceso de ejecución previsto.

ARTICULO 13. COLOCACION DE LAS ARMADURAS

13.1. Generalidades.

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido, no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del proyecto, sujetas entre sí y al encofrado de manera que no puedan experimentar movimientos durante el vertido y compactación del hormigón y permitan a éste envolverlas sin dejar coqueas.

En vigas y 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. En estas zonas, cuando se doblen simultáneamente muchas barras, resulta aconsejable aumentar el diámetro de los estribos o disminuir su separación.

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 acero, uno para la armadura principal y otro para los estribos.

En la ejecución de las obras se cumplirán en todo caso las prescripciones de los artículos 40, «Anclaje de las armaduras», y 41, «Empalme de las armaduras».

Comentarios.

Los calzos y apoyos provisionales de las armaduras en los encofrados deben ser de mortero plástico u otro material apropiado, desaconsejándose el empleo de la 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.

Aun cuando no exista peligro de confusión de barras, debe evitarse, en la medida de lo posible, el empleo simultáneo, como armaduras longitudinales, de aceros de características diferentes. Además deben acopiarse separadamente las barras de distinto tipo o proceso de fabricación y las barras soldables de las que no lo son.

Una forma de evitar confusiones en obra es marcar con distintos colores los extremos de las barras de aceros diferentes, siguiendo el código de colores de la UNE 36088 (véase comentarios del 9.3).

13.2. Distancias entre barras de armaduras principales.

La disposición de armaduras debe ser tal que permita un correcto hormigonado de la pieza, de manera que todas las barras queden perfectamente envueltas por el hormigón, teniendo en cuenta, en su caso, las limitaciones que pueda imponer el empleo de vibradores internos.

Las prescripciones que siguen son aplicables a las obras ordinarias de hormigón armado ejecutado «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 aisladas consecutivas, salvo lo indicado en E), será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- a) Dos centímetros.
- b) El diámetro de la mayor.
- c) El valor correlativo al que se toma en el apartado a) del 7.2.

B) La distancia vertical libre entre dos barras aisladas consecutivas cumplirá las condiciones a) y b) del párrafo anterior.

C) Como norma general se podrán colocar en contacto dos o tres barras de la armadura principal, siempre que sean corrugadas. Cuando se trate de piezas comprimidas, hormigonadas en posición vertical, y cuyas dimensiones sean tales que no hagan necesario disponer empalmes en las armaduras, podrán colocarse hasta cuatro barras corrugadas en contacto.

D) En los grupos de barras para determinar las magnitudes de los recubrimientos y las distancias libres 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 constituyan. Estas magnitudes se medirán a partir del contorno real del grupo.

E) En los grupos, el número de barras y su diámetro serán tales que el diámetro equivalente del grupo, definido en la forma indicada en el párrafo anterior, no será mayor de 50 milímetros, salvo en piezas comprimidas que se hormigonan en posición vertical, en que podrá elevarse a 70 milímetros la limitación anterior. En las zonas de solapó, el número máximo de barras en contacto en la zona del empalme será de cuatro.

Comentarios.

Los cruces de vigas sobre apoyos constituyen un caso especial que debe estudiarse cuidadosamente, sobre todo cuando el pilar y la viga tienen la misma o parecida anchura.

Para facilitar la puesta en obra del hormigón, resulta ventajoso a veces adoptar las disposiciones previstas en los puntos C) y E). 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 separación es pequeña, con objeto de facilitar el paso del hormigón.

En el caso en que se dispongan varias capas de barras como armadura, se recomienda aumentar prudencialmente las separaciones mínimas del articulado.

13.3. Distancias a los paramentos.

a) Cuando se trata de armaduras 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 y a los tres cuartos del tamaño máximo del árido (7.2).

b) Para cualquier clase de armadura (incluso estribos), la distancia mencionada en el párrafo anterior no será inferior a los valores siguientes:

— Paramentos revestidos o ambientes protegidos, 15 milímetros.

— Intemperie o ambientes en los que resulten frecuentes las condensaciones (cocinas, cuartos de baño, etc.) o si van a estar en contacto permanente con el agua (depósitos, tuberías, etc), 20 milímetros.

c) En estructuras prefabricadas bajo riguroso control y siempre que la resistencia característica del hormigón sea superior a 250 kp/cm², podrá omitirse la limitación del párrafo a) relativa al tamaño máximo del árido, y reducirse en 5 milímetros los valores del párrafo b).

d) En las estructuras expuestas a ambientes químicamente agresivos o a peligro de incendio, el recubrimiento de las armaduras vendrá fijado por el proyectista.

e) La distancia libre entre las armaduras exteriores y las paredes del encofrado no será mayor de 4 centímetros, pudiendo prescindirse de esta limitación en elementos enterrados, si se hace previamente una capa de regularización, en los hormigonados con técnicas especiales y en aquellos en los que la armadura trabaje exclusivamente a compresión y presenten un riesgo despreciable frente a incendios.

f) La distancia libre de los paramentos a las barras dobladas no será inferior a dos diámetros, medida en dirección perpendicular al plano de la curva.

Comentarios.

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 grandes espesores de recubrimiento, convendrá colocar una malla fina de reparto y sujeción, próxima al paramento de la pieza. Su cuantía geométrica, de acuerdo con la limitación de mínimo establecida en 38.3 para elementos que trabajan a tracción, puede establecerse en el 0,4 por 100 referida a la sección del recubrimiento. Esta armadura puede considerarse formando parte de la longitudinal o transversal necesaria según el cálculo.

Se recomienda tener en cuenta lo indicado en el anejo número 6 de protección adicional contra el fuego.

ARTICULO 14. DOSIFICACION DEL HORMIGON

Se dosificará el hormigón con arreglo a los métodos que se estimen oportunos respetando siempre las dos limitaciones siguientes:

a) La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 150 kilogramos en el caso de hormigones en masa, de 200 kilogramos en el caso de hormigones ligeramente armados y de 250 kilogramos en el caso de hormigones armados.

b) La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 400 kilogramos. En casos excepcionales, previa justificación experimental y autorización expresa del Director de obra, se podrá superar dicho límite.

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 (véase artículo 67 de esta Instrucción) con objeto de conseguir que el hormigón resultante satisfaga las condiciones que se le exigen en el artículo 10 de esta Instrucción, así como las prescritas en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

En los casos en que el constructor pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y pro-

ceso 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, etcétera, es posible emplear proporciones más elevadas de cemento efectuando las comprobaciones experimentales correspondientes. Por ello se admite rebasar la cifra de 400 kilogramos 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 excepcionales, no es aconsejable una dosificación de cemento superior a los 500 kg/m³.

ARTICULO 15. 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. Solamente en obras de muy escasa importancia se admitirá el amasado a mano.

No se mezclarán masas frescas en las que se utilicen tipos diferentes de cementos. 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.

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 las hormigoneras 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 16. PUESTA EN OBRA DEL HORMIGON

16.1. 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 cemento.

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 conducciones 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, 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 dos 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.

16.2. 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.

Comentarios.

En el comentario al apartado 10.1 de esta Instrucción 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 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 fondos y paramentos de los encofrados, y especialmente en los vértices y aristas, hasta eliminar todas las posibles coqueas.

En el caso de vigas, cuando se emplee una consistencia adecuada para compactar por picado, se recomienda efectuar dicha compactación mediante un picado normal al frente de la masa.

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, estos 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.

16.3. Técnicas especiales.

Si el transporte, la colocación o la compactación de los hormigones se realiza empleando técnicas especiales, se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias 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 trate de técnicas especiales, lo que es lógico, además, por encontrarse estas técnicas en evolución continua.

ARTICULO 17. 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 esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada mediante tableros u otros elementos que permitan una compactación que asegure 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 una 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 cepillo 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 cemento, 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 4.4 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 cemento, 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.

Más o menos diferida, puede tener lugar entonces la desintegración de uno de los cementos por reacciones con cambio de volumen. Tal puede suceder entre hormigones de cemento aluminoso y de cemento portland, sobre todo si el segundo es rico en álcalis.

b) En lo que se refiere a la armadura, aquella parte de la misma en contacto con diferentes clases de hormigones no genera sobre el acero suficiente diferencia de potencial para desencadenar una corrosión, por lo que no ha de tenerse más cuidado que el fabricar un hormigón de buena calidad, ejecutar perfectamente las juntas de hormigonado y evitar que la corrosión comience por otras causas.

Para casos como los mencionados, se aconseja recurrir a la bibliografía sobre el tema o al dictamen de especialistas idóneos. En el artículo 24 de esta Instrucción y su correspondiente comentario, así como en el anejo 3, se hace referencia a diversos puntos relacionados con la incompatibilidad de cementos.

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 18. 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 70) 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° C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.), cuya temperatura sea inferior a 0° 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° C e incluso calentada 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° 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, 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° C y 0° 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 deshíelen. Se recomienda calentar el agua de amasado y los áridos. El hormigón, después de vertido, deberá protegerse contra la helada.

— Entre 0° C y -5° 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° C. Se suspenderá el hormigonado o se realizará la fabricación del hormigón y el hormigonado en un recinto que pueda calentarse.

ARTICULO 19. 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 seque.

Si la temperatura ambiente es superior a 40° 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, etcétera.

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° 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 20. CURADO DEL HORMIGON

Durante el fraguado y primer período 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, establezca 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 sexto 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 período 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 ambiente 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 hor-

migón 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 período 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 está constante; o la integral de 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 mantendrán 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 articulo 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.

ARTICULO 21. 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 70) 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 impedir el libre juego de las juntas de retracción o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

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 11.

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 en ocasiones 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.

A título de orientación, pueden indicarse los plazos de desencofrado o descimbramiento dados por la fórmula

$$j = \frac{400}{\left(\frac{Q}{G} + 0,5\right) (T + 10)}$$

En la que:

j = número de días.

T = Temperatura media, en grados centígrados, de las máximas y mínimas diarias durante los j días.

G = carga que actúa sobre el elemento al descimbrar (incluido el peso propio).

Q = carga que actuará posteriormente ($Q + G$ = carga máxima total).

Esta fórmula es sólo aplicable a hormigones fabricados con cemento portland y en el supuesto de que su endurecimiento se haya llevado a cabo en condiciones ordinarias.

ARTICULO 22. UNIONES DE CONTINUIDAD ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Las uniones entre las distintas piezas prefabricadas, 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 uniones por soldadura solo 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.

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 milímetros 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 éstas juntas será la suficiente para permitir una buena compactación del hormigón, y nunca inferior a 75 milímetros.

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.

ARTICULO 23. OBSERVACIONES GENERALES RESPECTO A LA EJECUCION

23.1. 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.

23.2. 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, o de puesta en carga, puede ser necesario

determinar las solicitaciones 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 24. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA ACCIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

24.1. 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 de los apartados 24.2 y 24.3 de este artículo.

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 metálicas, debiéndose, por tanto, prestar especial atención a los recubrimientos de las armaduras principales y estribos.

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 18, 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).

24.2. Durabilidad del hormigón.

Por lo que respecta a la durabilidad del hormigón, deberá elegirse cuidadosamente en el proyecto el tipo, clase y categoría de cemento 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 cementos en una misma obra, se tendrá presente lo indicado en los últimos párrafos de los artículos 15 y 17.

En cuanto a los áridos, deberá comprobarse que cumplen las limitaciones indicadas en el artículo 7.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 obra 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.

24.3. Corrosión de las armaduras.

Es necesario considerar desde el proyecto el grado de agresividad que presenta para las armaduras el medio ambiente donde vaya a estar situada la obra. Este grado de agresividad está en relación directa con la presencia de uno o varios factores, que será necesario evitar o al menos contrarrestar.

En la fase de proyecto de la estructura se deben tener en cuenta todas las consideraciones que se hacen en 13.3 respecto de distancias a los paramentos y en el artículo 41 en relación al riesgo de corrosión por fisuración en fase de servicio.

Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencial galvánico y se recuerda la prohibición de emplear materiales que contengan iones despasivantes tales como cloruros, sulfuros y sulfatos en proporciones superiores a las indicadas en los artículos 6.º, 7.º y 8.º.

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. Además, la presencia de aniones tales como los cloruros pueden desencadenar también 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 y los recubrimientos en la protección de las armaduras del hormigón.

También pueden provocar corrosión la existencia de corrientes vagabundas en las armaduras.

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 presuman riesgos serios de corrosión, es aconsejable documentarse debidamente, recurriendo a las publicaciones especializadas o al dictamen de especialistas idóneos.

TITULO SEGUNDO

De la realización del proyecto

CAPITULO IV

Características de los materiales

ARTICULO 25. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO

25.1. Diagramas tensión-deformación del acero.

Diagrama tensión-deformación de proyecto es el que se adopta como base de los cálculos, asociado en esta instrucción 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 correspondientes a deformaciones no mayores del 10 por 1.000 presentan un nivel de confianza del 95 por 100 con respecto a los correspondientes valores obtenidos en ensayos de tracción realizados según la Norma UNE 7262.

En compresión puede adoptarse el mismo diagrama que en tracción.

A falta de datos experimentales precisos puede suponerse que el diagrama característico adopta la forma de la figura 25.1.a ó 25.1.b, según se trate de aceros de dureza natural o estirados en frío; pudiendo tomarse estos diagramas como de proyecto, con los valores tipificados del límite elástico dados en el artículo noveno.

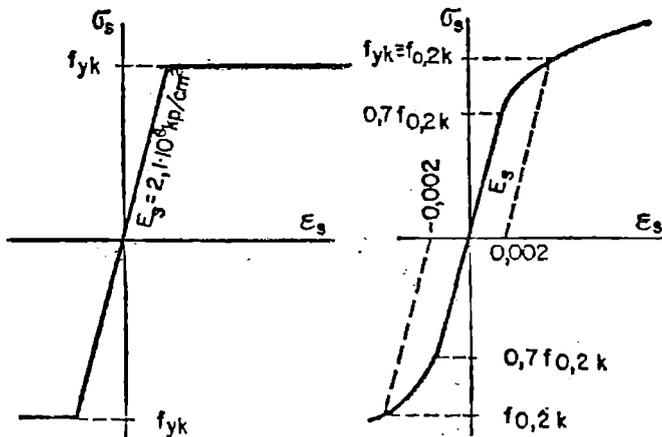


Fig. 25.1.a

Fig. 25.1.b

En la figura 25.1.b, la rama de tracción a partir del valor $0,7f_{0,2k}$, el diagrama se define mediante la siguiente expresión:

$$\text{para } \sigma_s \geq 0,7 \cdot f_{0,2k}; \quad \epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} + 0,823 \left[\frac{\sigma_s}{f_{0,2k}} - 0,7 \right]^5$$

La rama de compresión es simétrica respecto al origen.

Comentarios.

El conocimiento del diagrama característico del acero permite dimensionar las secciones sometidas a solicitaciones 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 que corresponden a las siguientes deformaciones: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006; 0,008, y 0,01.

En rigor, el límite elástico característico es el que corresponde en el diagrama característico a una deformación remanente del 0,2 por 100. Como simplificación puede adoptarse como valor característico del límite elástico el obtenido a partir de los valores de los límites elásticos de los ensayos de tracción realizados según la norma UNE 7262.

25.2. Resistencia de cálculo del acero.

Se considerará como resistencia de cálculo del acero f_{yd} el valor:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

En donde f_{yk} es el límite elástico de proyecto y γ_s el coeficiente de minoración definido en el artículo 31.

La expresión indicada es válida 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 (véase 36.2), lo que limita el aprovechamiento de 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^2).

25.3. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero.

El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero (en tracción o en compresión) se deduce del diagrama de proyecto

mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta de Hooke de razón $1/\gamma_s$.

Cuando se utilizan los diagramas de las figuras 25.1.a y 25.1.b, se obtienen los diagramas de cálculo de las figuras 25.3.a y 25.3.b.

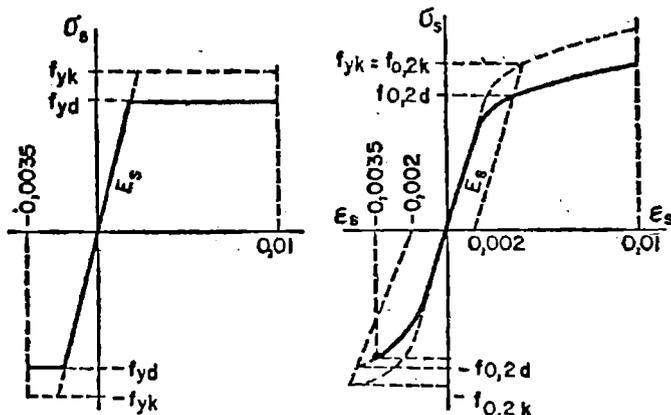


Fig. 25.3.a

Fig. 25.3.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 3,5 por 1.000, de acuerdo con lo indicado en 36.2.

Cuando se emplea el método del momento tope (artículo 37), puede utilizarse como diagrama de cálculo del acero el simplificado de la figura 25.3.a, limitando superiormente f_{yk} al valor 4.000 kp/cm^2 .

ARTICULO 26. CARACTERISTICAS DEL HORMIGON

26.1. Definiciones.

Resistencia de proyecto f_{ck} , 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_{creal} , 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 69.3.

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_{ck} , es un límite inferior de especificación que establece la condición de que cada amasada colocada en obra deberá ser igual o superior a f_{ck} .

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 coloquen 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 solo 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, éste 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.

$$f_{\text{creal}} = f_{\text{cm}} (1 - 1,64 \delta)$$

donde:

f_{cm} = resistencia media.

δ = coeficiente de variación de la población.

— En la mayoría de los casos normales, el número de amasadas colocadas en obra es muy grande, resultando impropio 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 permiten, mediante la realización de un número pequeño de determinaciones de resistencia de amasadas, estimar o cuantificar con 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 69.3.

26.2. Tipificación de la resistencia del proyecto.

Con objeto de tipificar las resistencias de los hormigones se recomienda utilizar la siguiente serie:

H-125; H-150; H-175; H-200; H-225; 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 veintiocho días, expresada en kp/cm^2 .

Comentarios:

Los tipos H-125 a H-250 se emplean, generalmente, en estructuras de edificación, y los restantes de la serie recomendada, encuentran su principal aplicación en importantes obras de ingeniería y en prefabricación.

26.3. Resistencia mínima del hormigón en función de la del acero.

La resistencia de proyecto del hormigón f_{ck} , expresada en kp/cm^2 no será menor que la indicada en la tabla 26.3 siguiente:

TABLA 26.3

Tipo de acero	Valor mínimo de la resistencia de proyecto del hormigón
AE-215L	125 kp/cm^2
AEH-400	150 kp/cm^2
AEH-500	175 kp/cm^2
AEH-600	200 kp/cm^2

Comentarios.

La tabla indicada en el articulado se basa fundamentalmente en la norma de buena practica de no usar aceros de resistencia muy alta con hormigones de baja resistencia. El incumplimiento de ésta, aparte de conducir a longitudes de anclaje y solapo desproporcionadamente grandes, puede ocasionar presiones excesivas sobre el hormigón en las zonas curvas de las barras.

La tabla no debe entenderse en el sentido de que, si por un fallo accidental, se registran en una zona de obra resistencias inferiores a las especificadas, la zona resulte inadmisibles, sino simplemente que dicha zona requerirá un estudio detallado de su comportamiento previsible.

26.4. 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 utilizan cualquiera de los diagramas de proyecto simplificados a nivel de valores de cálculo (véase 26.6).

Comentarios.

Puede considerarse, a título puramente cualitativo, que los diagramas unitarios tensión-deformación del hormigón adoptan las formas siguientes (figs. 26.4.a y 26.4.b):

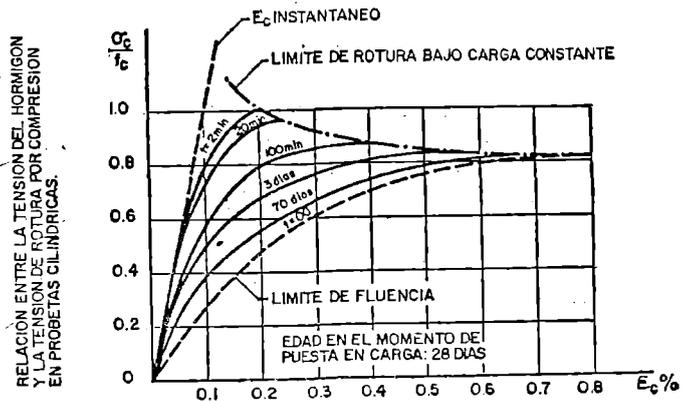


Fig. 26.4.a

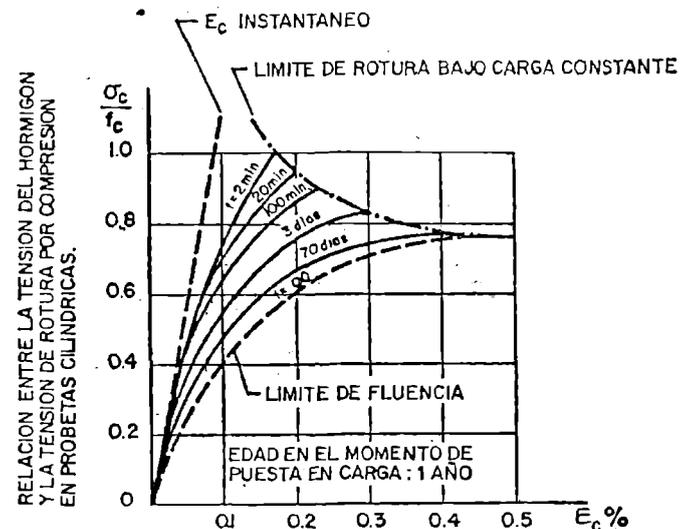


Fig. 26.4.b

26.5. Resistencia de cálculo del hormigón.

Se considerará como resistencia de cálculo del hormigón (en compresión f_{cd} , o en tracción $f_{\text{ct,d}}$) el valor de la resistencia de proyecto correspondiente dividido por un coeficiente de minoración γ_c , que adopta los valores indicados en el artículo 31.

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 veintiocho días. En caso contrario, esa circunstancia deberá tenerse en cuenta de un modo estimativo, pudiendo utilizarse al efecto los valores dados en el cuadro 10.4.b del comentario al apartado 10.4 de esta Instrucción.

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.

26.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón.

Para el cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales, en los estados límites últimos se adoptará uno de los diagramas siguientes:

a) Diagrama parábola rectángulo.

Formado por una parábola de segundo grado y un segmento rectilíneo (fig. 26.6.a). El vértice de la parábola se encuentra en la abscisa 2 por 1000 (deformación de rotura del hormigón a compresión simple), y el vértice extremo del rectángulo en la abscisa 3,5 por 1000 (deformación de rotura del

hormigón en flexión). La ordenada máxima de este diagrama corresponde a una compresión igual a $0,85 f_{cd}$, siendo f_{cd} la resistencia de cálculo del hormigón a compresión.

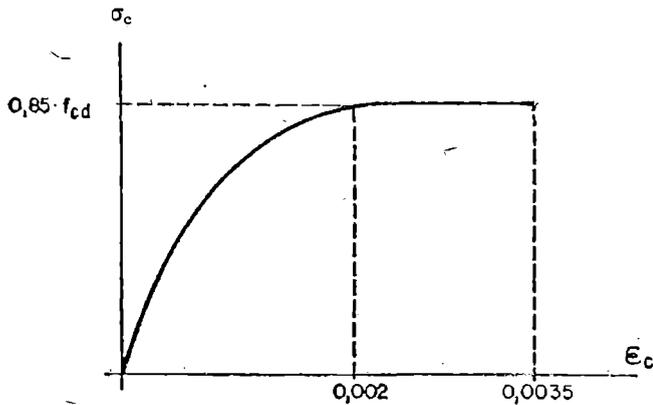


Fig. 26.6.a

b) Diagrama rectangular.

Formado por un rectángulo cuya altura es igual a $0,80 x$, siendo x la profundidad del eje neutro; y la anchura, $0,85 f_{cd}$ (fig. 26.6 b).

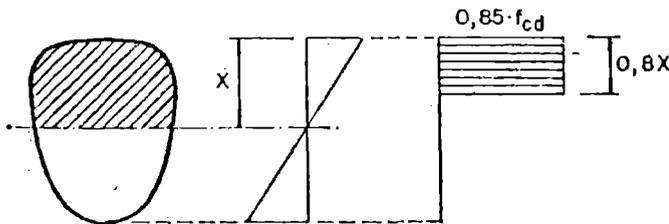


Fig. 26.6.b

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 al de la parábola rectángulo o queden del lado de la seguridad.

26.7. 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 real $\sigma-\epsilon$) a la edad de j días, puede tomarse igual a:

$$E_{0j} = 21.000 \sqrt{f_j}$$

En esta expresión f_j es la resistencia característica a compresión del hormigón a j días de edad, y debe expresarse en kp/cm^2 para obtener E_{0j} en kp/cm^2 .

Como módulo instantáneo de deformación longitudinal secante E_j (pendiente de la secante), se adoptará:

$$E_j = 19.000 \sqrt{f_j}$$

Válido siempre que las tensiones en condiciones de servicio no sobrepasen el valor de $0,5 f_j$.

Si no se realiza el cálculo indicado en 26.9, 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 $0,5 f_j$.

En rigor, E_{0j} depende de la resistencia media del hormigón y no de la característica. Pero se ha preferido esta última en la expresión E_{0j} por homogeneidad con el resto de la Instrucción.

Como puede verse en los diagramas del comentario 26.4, 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.

26.8. Retracción del hormigón.

En general, para unas condiciones medias puede admitirse como valor de la retracción:

- Para elementos de hormigón en masa: 0,35 mm. por metro.
- Para elementos de hormigón armado: 0,25 mm. por metro.

Se puede prescindir de la retracción cuando se trate de elementos estructurales sumergidos en agua o enterrados 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: el grado de humedad ambiente, el espesor o menor dimensión de la pieza, la composición del hormigón, la cantidad de armaduras y el 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 ϵ_t de la retracción de un elemento de hormigón en masa desde el momento de su acabado hasta el instante t viene dado por

$$\epsilon_t = \beta_t \epsilon_{01} \epsilon_{02}$$

donde:

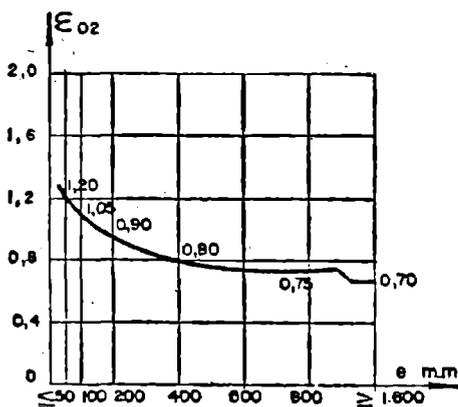
- ϵ_{01} = coeficiente dependiente de la humedad del ambiente (ver tabla 26.8.1).
- ϵ_{02} = coeficiente dependiente del espesor ficticio e (ver figura 26.8.1).
- β_t = coeficiente que refleja la evolución de la retracción en el tiempo (ver. fig. 26.8.2).

2.º Las curvas de las figuras 26.8.1 y 26.8.2 corresponden a distintos espesores ficticios de la pieza, e , que se calculan mediante la expresión

$$e = \alpha \frac{2 A}{u}$$

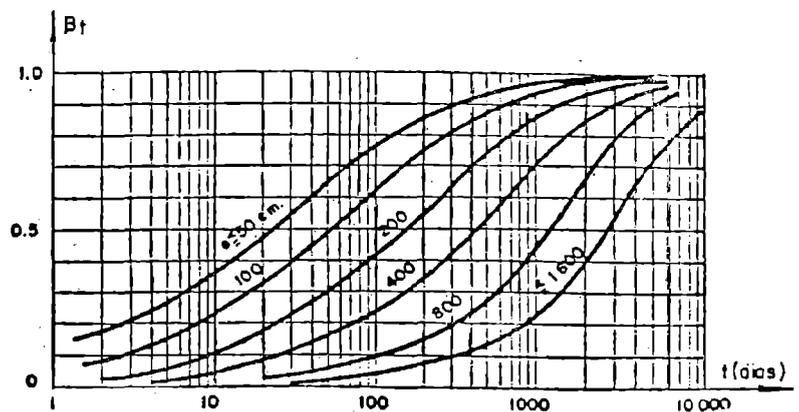
siendo:

- α = coeficiente dado en la tabla 26.8.1.
- A = área de la sección transversal del elemento.
- u = perímetro de la sección transversal en contacto con la atmósfera.



INFLUENCIA DEL ESPESOR FICTICIO SOBRE LA RETRACCION

Fig. 26.8.1



EVOLUCION DE LA RETRACCION EN EL TIEMPO

Fig. 26.8.2

TABLA 26.8.1

Coefficiente de la retracción ϵ_{01} y valor del coeficiente α

Ambiente	Humedad relativa aproximada — Porcentaje	ϵ_{01}	α
En el agua	100	+ 10.10 ⁻⁵	30
En atmósfera muy húmeda	90	- 13.10 ⁻⁵	5
En ambiente medio	70	- 32.10 ⁻⁵	1,5
En atmósfera seca.	40	- 52.10 ⁻⁵	1,0

3.º En el eje del gráfico de la figura 26.8.2 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 la dada por la expresión:

$$t = \frac{\sum (j \cdot (T+10))}{30}$$

siendo:

j = Número de días durante los cuales el endurecimiento se efectúa a una temperatura media diaria 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:

$$\epsilon_t = (\beta_t - \beta_j) \epsilon_{01} \epsilon_{02}$$

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 ϵ_t , correspondiente a hormigón en masa, puede calcularse la deformación ϵ_{ts} , correspondiente a hormigón armado mediante la relación:

$$\epsilon_{ts} = \epsilon_t \frac{1}{1 + n\rho}$$

siendo:

$$n = \frac{E_s}{E_c} \text{ el coeficiente de equivalencia.}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} \text{ la cuantía geométrica de la pieza.}$$

26.9. 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. Retracción.
Irreversibles	Remanentes	Plásticas diferidas	

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 apartado 26.7 de este artículo) igual a:

$$E_c = 19.000 \sqrt{f_{ck}}$$

Para una evaluación aproximada de la fluencia habrían de tenerse en cuenta las diversas variables que influyen en el fenómeno, en especial el grado de humedad ambiente, el espesor o menor dimensión de la pieza, la composición del hormigón, la 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 final por fluencia (suma de la instantánea y la diferida) es del orden de dos a tres veces la deformación elástica instantánea. Si se desea una evaluación más aproximada, habrán de tenerse en cuenta las variables citadas en el artículo; lo que puede hacerse del modo que a continuación se indica:

1.º La deformación diferida por fluencia ϵ_t de un elemento de hormigón armado viene dada por:

$$\epsilon_t = \varphi_t \frac{\sigma}{E_c}$$

donde:

φ_t es un coeficiente;

σ es la tensión constantemente aplicada;

E_c es el módulo de deformación del hormigón a veintiocho días de edad.

Según el apartado 26.7, este módulo vale:

$$E_c = 19.000 \sqrt{f_{ck}} \text{ (} E_c \text{ en kp/cm}^2 \text{)}$$

siendo:

f_{ck} la resistencia característica a compresión expresada en kp/cm².

2.º El coeficiente φ_t puede determinarse con suficiente aproximación mediante la expresión:

$$\varphi(t, j) = \beta_a(j) + \varphi_{01} \varphi_{02} (\beta_t - \beta_j) + 0,4 \beta_{t-j}$$

siendo:

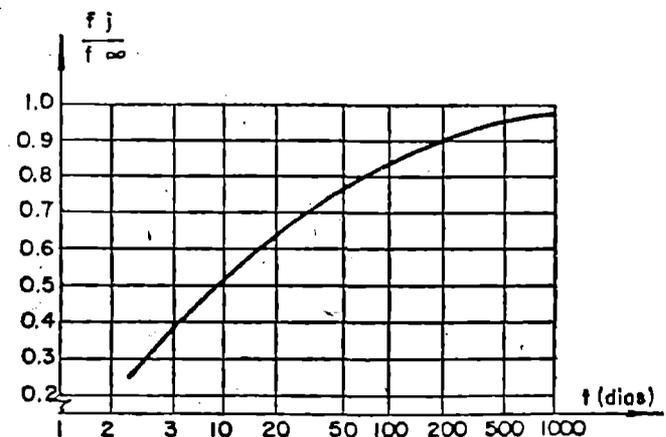
t = instante para el cual se evalúa la fluencia.

j = edad del hormigón a partir de la puesta en carga (expresado, al igual que t, en días a partir de la confección del hormigón).

$\beta_a(j) = 0,8 (1 - \frac{f_j}{f_\infty})$, el valor de $\frac{f_j}{f_\infty}$ puede obtenerse, a

falta de datos más precisos procedentes de ensayos, de la figura 26.9.1.

φ_{01} = coeficiente que depende del medio ambiente (ver tabla 26.9.1).

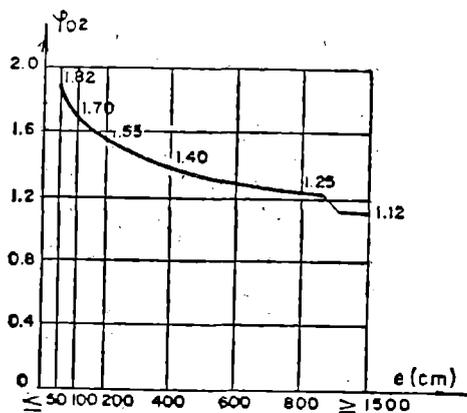


VARIACION DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN CON EL TIEMPO

Fig. 26.9.1

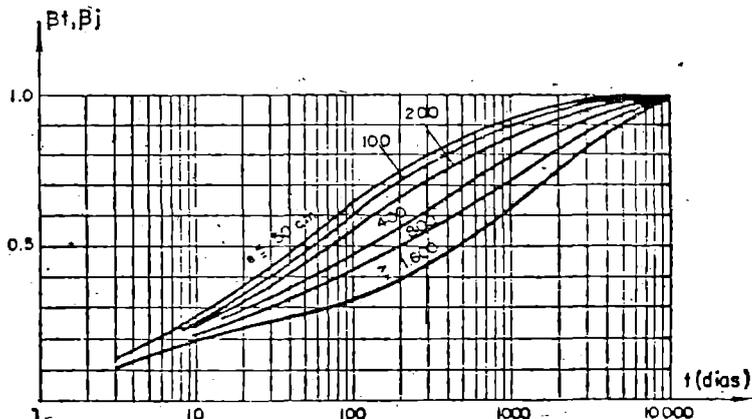
φ_{02} = coeficiente que depende del espesor ficticio de la pieza e (figura 26.9.2).

β_t, β_j = coeficientes que reflejan la evolución en el tiempo de la deformación plástica diferida (fig. 26.9.3).



INFLUENCIA DEL ESPESOR FICTICIO SOBRE LA FLUENCIA

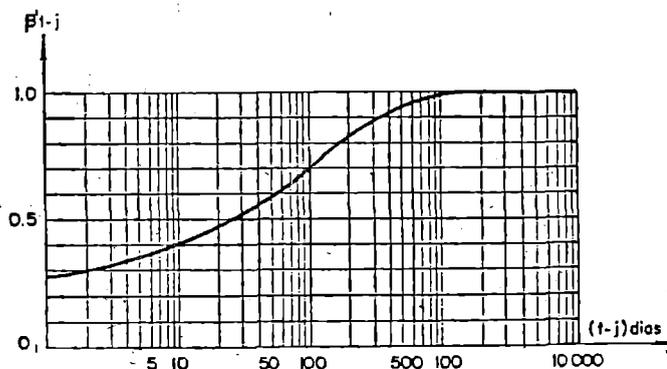
Fig. 26.9.2



EVOLUCION EN EL TIEMPO DE LA DEFORMACION PLASTICA DIFERIDA

Fig. 26.9.3

β'_{t-j} = coeficiente que refleja la variación de la deformación elástica diferida en función de la duración $t-j$ en días del efecto de la fluencia (fig. 26.9.4).



EVOLUCION EN EL TIEMPO DE LA DEFORMACION ELASTICA DIFERIDA

Fig. 26.9.4

3.º Las curvas de la figura 26.9.3 corresponden a distintos espesores ficticios de la pieza, e , que se calculan mediante la expresión:

$$e = \alpha \frac{2A}{u}$$

siendo:

- α el coeficiente dado en la tabla 26.9.1.
- A el área de la sección transversal del elemento.
- u el 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, α) coincide sensiblemente con el real.

4.º En el eje de abscisas del gráfico de la figura 26.9.3 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:

$$t = \frac{\sum j (T + 10)}{30}$$

donde:

j es el número de días durante los cuales el endurecimiento se efectúa a una temperatura media diaria de T grados centígrados.

TABLA 26.9.1
Valor de los coeficientes ϕ_{01} y α

Ambiente	Humedad relativa aproximada %	ϕ_{01}	α
En el agua	100	0,8	30
En atmósfera muy húmeda	90	1,0	5
En ambiente seco ..	70	2,0	1,5
En atmósfera seca.	40	3,0	1

5.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, solo al primer sumando de ϕ_t .

26.10. 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 0.20. En ciertos cálculos puede despreciarse el efecto de la dilatación transversal.

26.11. 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 ± 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.

CAPITULO V

Acciones

ARTICULO 27. 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 dos grupos: acciones directas y acciones indirectas.

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.

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.

27.1. 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 34.

El valor frecuente de una carga variable puede expresarse como una fracción ψ ($0 \leq \psi \leq 1$) del valor característico de tal carga.

27.2. 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 asentamientos 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.

ARTICULO 28. VALORES CARACTERISTICOS DE LAS ACCIONES

28.1. Generalidades.

Para todas las acciones definidas en el artículo 27 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 26.1 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:

$$F_k = F_m (1 + 1,64 \delta)$$

$$F'_k = F'_m (1 - 1,64 \delta')$$

en donde:

F_m = valor medio correspondiente a las acciones máximas.
 F'_m = valor medio correspondiente a las acciones mínimas.
 δ y δ' = 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.

28.2. 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 correspondan. Para los elementos de hormigón, se adoptarán los siguientes pesos específicos:

- Hormigón en masa, 2,3 t/m³.
- Hormigón armado, 2,5 t/m³.

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 para la hipótesis de carga que se comprueba.

28.3. 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 climáticas serán considerados 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 obras, se haga figurar en una placa, colocada en lugar visible, el valor de la carga de explotación o de uso (véase 4.4 para información de los usuarios).

28.4. 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 26.8 y 26.9.

En aquellos casos especiales en los que sean de prever asentamientos de las sustentaciones que, a juicio del proyectista, puedan tener una influencia apreciable en el comportamiento de la estructura, se determinarán los valores característicos correspondientes a las acciones por movimientos impuestos, 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 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 26.11, 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:

$$20 - 0,75 \sqrt{e} \leq \Delta t \leq 0$$

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 lo aisla 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 los elementos de pequeño espesor, sometidos a soleamiento 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 caldeo 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 movimiento 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.

28.5. 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 los artículos 31 y 32, sin olvidar que, durante la construcción, el esquema resistente de parte o de la totalidad de la estructura puede ser distinto del definitivo.

(Continuará.)

M^o DE ECONOMIA Y COMERCIO

465

REAL DECRETO 2869/1980, de 30 de diciembre, por el que se establecen las condiciones y el orden de prioridad para la computabilidad de los valores de renta fija emitidos directamente o calificados por las Comunidades Autónomas en el coeficiente de fondos públicos de las Cajas de Ahorros.

El marco de la política financiera general del Estado y, en particular, en la orientación por parte del Gobierno de la actividad financiera de las Cajas de Ahorros, juega un papel importante el coeficiente de fondos públicos respecto al cual el Gobierno ha venido fijando tanto su nivel como la computabilidad de los diversos títulos-valores en el mismo.

El artículo ciento cuarenta y nueve de la Constitución Española atribuye al Estado competencia exclusiva para fijar las bases de la ordenación del crédito y de coordinación de la planificación general de la actividad económica.

Por otra parte, tanto el Estatuto de Autonomía del País Vasco como el Estatuto de Autonomía de Cataluña, establecen la competencia de las respectivas Comunidades Autónomas para el desarrollo legislativo y la ejecución de la legislación básica del Estado en su territorio en materia de ordenación del crédito, banca y seguros. Además, la Ley orgánica ocho/mil novecientos ochenta, de veintidós de septiembre, de financiación de las Comunidades Autónomas, establece la capacidad de éstas para financiarse mediante operaciones de crédito.

Es imprescindible, en consecuencia, dictar la oportuna normativa que coordine y armonice los fines y objetivos de la política económica y financiera general del Estado con los de las Comunidades Autónomas, todo ello en el marco de las previsiones competenciales de la Constitución en materia económica y respetando también las competencias que los Estatutos de Autonomía han atribuido ya al Gobierno Autónomo del País Vasco y a la Generalidad de Cataluña y las que otros Estatutos de autonomía puedan atribuir a otras Comunidades Autónomas.

El presente Real Decreto establece la computabilidad en el coeficiente de fondos públicos de los títulos de renta fija emitidos directamente por las propias Comunidades Autónomas y el orden de prioridad que las Cajas de Ahorros deberán respetar en la suscripción de valores computable; coordina la adquisición por parte de las Cajas de Ahorros de los valores emitidos por las Comunidades Autónomas o calificados por éstas con los fines de la política económica y financiera general del Gobierno, y determina, finalmente, el volumen de recursos ajenos de las Cajas de Ahorros que deberá ser tomado en cuenta a efectos del cálculo del coeficiente de fondos públicos.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Economía y Comercio, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día treinta de diciembre de mil novecientos ochenta,

DISPONGO:

Artículo primero.—Las Cajas de Ahorros con sede central en el territorio de regiones en que existiesen Comunidades Autónomas deberán computar en su coeficiente de fondos públicos los títulos de renta fija que se emitan directamente por las propias Comunidades, así como aquellos cuya aptitud para tal fin sea establecida por la Comunidad Autónoma.

Artículo segundo.—Uno. El orden de prioridad que las Cajas de Ahorros deberán respetar en la suscripción de valores computables, con independencia del tres por ciento de sus pasivos que en todo caso deberá materializarse, como mínimo, en cédulas para inversiones, y de otros títulos emitidos o avalados por el Estado que se declaren expresamente computables, será el que a continuación se indica, siempre que su existencia en el mercado financiero lo permita:

Uno.—Títulos de renta fija emitidos por las Comunidades Autónomas.

Dos.—Títulos de renta fija emitidos por las Corporaciones Locales.

Tres.—Títulos de renta fija calificados por las Comunidades Autónomas.

Cuatro.—Valores de renta fija emitidos por el Instituto Nacional de Industria y Sociedades de Desarrollo Industrial.

Cinco.—Títulos de renta fija emitidos por la Compañía Telefónica Nacional de España y por Compañías productoras de energía eléctrica.

Dos. La prioridad en la suscripción de títulos establecida en los puntos uno, dos y tres anteriores se entiende referida a las Cajas de Ahorros con sede central en las respectivas regiones.

Artículo tercero.—Las Cajas de Ahorros destinarán a inversiones en la región en que desarrollen su actividad el cincuen-

ta por ciento, al menos, de sus inversiones en valores mobiliarios, excluidas las obligatorias materializadas en cédulas para inversiones. Dentro de este cincuenta por ciento, un treinta por ciento de las nuevas adquisiciones de valores computables en el coeficiente de fondos públicos, excluidas las cédulas para inversiones, se destinará a la compra de los valores comprendidos en los apartados uno y tres del número uno del artículo segundo del presente Real Decreto.

El volumen total de valores emitidos o calificados por la Comunidad Autónoma, computados por las Cajas de Ahorros de la correspondiente región, podrá llegar, dentro del coeficiente de fondos públicos, excluidas las cédulas para inversiones, hasta el porcentaje que fije el Gobierno, de acuerdo con los objetivos generales de la política económica y financiera.

Artículo cuarto.—En el caso de Cajas de Ahorros con sede central en una región que opere en otras regiones distintas, la referencia al coeficiente de fondos públicos a efectos de determinar el porcentaje a que se refiere el artículo tercero anterior, se entenderá limitada a la parte del coeficiente que corresponda a la proporción de recursos ajenos captados por la Caja en la región en que tenga su sede central.

Artículo quinto.—Se autoriza al Ministro de Economía y Comercio para dictar cuantas disposiciones sean precisas para la interpretación y cumplimiento de este Real Decreto.

Dado en Baqueira Beret a treinta de diciembre de mil novecientos ochenta.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Economía y Comercio,
JUAN ANTONIO GARCIA DIEZ

466

ORDEN de 8 de enero de 1981 sobre fijación del derecho compensatorio variable para la importación de productos sometidos a este régimen.

Ilustrísimo señor:

De conformidad con el artículo 8.º del Decreto 3221/1972, de 23 de noviembre, de las órdenes ministeriales de Hacienda de 24 de mayo de 1973 y Comercio de 13 de febrero de 1975, Este Ministerio ha tenido a bien disponer:

Primero.—La cuantía del derecho compensatorio variable para las importaciones en la Península e islas Baleares de los productos que se indican son los que a continuación se detallan para los mismos:

Producto	Posición estadística	Pesetas Tm. neta
Atún blanco (fresco o refrigerado)	03.01.23.1	20.000
	03.01.23.2	20.000
	03.01.27.1	20.000
	03.01.27.2	20.000
	03.01.31.1	20.000
	03.01.31.2	20.000
	03.01.34.1	20.000
	03.01.34.2	20.000
	Ex. 03.01.85.2	20.000
	Ex. 03.01.85.3	20.000
Atunes (los demás) (frescos o refrigerados)	03.01.21.1	10
	03.01.21.2	10
	03.01.24.1	10
	03.01.24.2	10
	03.01.25.1	10
	03.01.25.2	10
	03.01.26.1	10
	03.01.26.2	10
	03.01.28.1	10
	03.01.28.2	10
	03.01.29.1	10
	03.01.29.2	10
	03.01.30.1	10
	03.01.30.2	10
	03.01.32.1	10
03.01.32.2	10	
03.01.34.3	10	
03.01.34.9	10	
Ex. 03.01.85.2	10	
Ex. 03.01.85.3	10	
Bonitos y afines (frescos o refrigerados)	03.01.75.1	10
	03.01.75.2	10
	Ex. 03.01.85.2	10
	Ex. 03.01.85.3	10
Sardinas frescas o refrigeradas	03.01.37.1	12.000
	03.01.37.2	12.000
	Ex. 03.01.85.2	12.000
	Ex. 03.01.85.3	12.000