

I. Disposiciones generales

PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

DECRETO 3082/1973, de 19 de octubre, por el que se aprueba la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

Por Decreto dos mil novecientos ochenta y siete/mil novecientos sesenta y ocho, de veinte de septiembre, se aprobó la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado, especificando que durante el plazo de dos años se podría aplicar dicha Instrucción o las previamente vigentes. Transcurrido dicho plazo el cumplimiento de la Instrucción aprobada sería obligatorio. Tal plazo se prorrogó por Decreto tres mil cuatrocientos cincuenta y ocho/mil novecientos setenta, de diecinueve de noviembre, hasta el día dos de diciembre de mil novecientos setenta y dos.

En el primer Decreto citado, en su artículo tercero, se constituía en el Ministerio de Obras Públicas una Comisión Permanente, con representantes de los Ministerios de Obras Públicas, Ejército, Industria, Agricultura, Aire y Vivienda y el Instituto «Eduardo Torroja» de la Construcción y del Cemento, y en el artículo cuarto del mismo se establecían las funciones de dicha Comisión. Entre dichas funciones figuraban la de ultimar la redacción de la Instrucción antes de su establecimiento como de cumplimiento obligatorio.

La Comisión Permanente ha ultimado la actual redacción a fin de conseguir una mayor eficacia de la normalización técnica en el proyecto y ejecución de obras de hormigón.

En su virtud, con informe favorable de la Junta Consultiva de Contratación Administrativa, a propuesta de los Ministerios de Obras Públicas, Ejército, Industria, Agricultura, Aire y Vivienda y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día once de octubre de mil novecientos setenta y tres,

DISPONGO:

Artículo primero.—Se aprueba la presente Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado, que se designará abreviadamente EH-setenta y tres, cuyo ámbito de aplicación se extiende con carácter obligatorio a todo el territorio nacional.

Artículo segundo.—La presente Instrucción será obligatoria 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 lo que se oponen al presente 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 obligatoriedad de la Instrucción, se registrarán de acuerdo con las instrucciones 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 periodo de obligatoriedad.

Segunda.—La ejecución de las obras comprendidas en la disposición transitoria anterior se realizará de acuerdo con la EH-setenta y ocho y con la EH-setenta y tres 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-setenta y tres.

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

Quinta.—A partir de la fecha de obligatoriedad de la presente Instrucción, los proyectos que se presenten a aprobación administrativa, a visado de Colegio Profesional o como documentación justificativa de petición de ayuda estatal, deberán ajustarse a la EH-setenta y tres. La ejecución de estas obras se realizará asimismo con arreglo a lo dispuesto en la EH-setenta y tres.

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en Madrid a diecinueve de octubre de mil novecientos setenta y tres.

FRANCISCO FRANCO

El Ministro Subsecretario
de la Presidencia del Gobierno,
JOSE MARIA GAMAZO Y MANGLANO

INSTRUCCION EH-73

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

PARTE PRIMERA

Articulado

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCIÓN

Artículo 1.º Campo de aplicación de la Instrucción.

Se refiere la presente Instrucción a las construcciones, estructuras y elementos estructurales de hormigón, en masa o armado, fabricado con cualquiera de los tipos de cemento indicados en el artículo quinto.

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.

Proyectar y construir con criterios distintos a los utilizados en esta Instrucción es admisible únicamente en el caso de que se justifique debidamente, asumiendo la responsabilidad correspondiente.

Artículo 2.º Notación y unidades.

La notación utilizada en la presente Instrucción se detalla en el anejo 1.

Cumple las normas generales al efecto establecidas por el Comité Europeo del Hormigón (C. E. B.).

Las unidades adoptadas corresponden a la del sistema Metro, Kilopondio y Segundo.

Artículo 3.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 incluida en el anejo 2.

Artículo 4.º Documentos del proyecto.

4.1. Generalidades: En las obras a contratar o ejecutar por el Estado o por sus Organismos autónomos, se estará a lo dispuesto en la Ley de Contratos del Estado de 8 de abril de 1965 y en la de modificación parcial de ésta de 17 de marzo de 1973, en el Reglamento General de Contratación del Es-

tado de 28 de diciembre de 1967 y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la contratación de obras del Estado de 31 de diciembre de 1970.

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

- Una Memoria, que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de todo orden a tener en cuenta.
- Los planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.
- El pliego de prescripciones técnicas particulares, donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución.
- Un 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.
- Un programa del posible desarrollo de los trabajos en tiempo y coste óptimo de carácter indicativo.

En el caso de las obras a contratar o ejecutar por el Estado o por sus Organismos autónomos, el proyecto deberá contener los cuatro primeros documentos citados, cualquiera que sea su cuantía, y el quinto, cuando ésta sea superior a 5.000.000 de pesetas. También deberá comprender, en este último caso, los restantes documentos a que hace referencia el apartado B) del artículo 22 de la modificación parcial de la Ley de Contratos del Estado.

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

4.2. Memoria.

4.2.1. Normas generales: Serán factores a considerar en la Memoria los económicos, sociales 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, ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollo se incluirán en anejos separados. También figurarán en otros anejos: el estudio de los materiales y los ensayos realizados con los mismos, la justificación del cálculo de los precios adoptados, las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas y el presupuesto de las obras y el importe previsible de las expropiaciones necesarias y de restablecimiento de servicios y servidumbres afectados, en su caso.

En el caso de obras a contratar o ejecutar por el Estado o por 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.

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 resulte insuficiente, con símbolos que observen las reglas generales dadas en el anejo 1 de la citada Instrucción. Estos símbolos adicionales serán los únicos cuyo significado habrá que explicar en el anejo de cálculos.

b) Se incluirán las indicaciones necesarias para identificar

el elemento que se calcula mediante las oportunas referencias a los planos o croquis suplementarios.

c) Se especificará la procedencia de las cargas, así como la 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.

4.2.2. 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 resueltas con ordenador, debiendo dichos anejos constituir por sí mismos unidades completas y ordenadas.

En particular deberán indicarse:

- Las simplificaciones efectuadas sobre la estructura real al asimilarla a otra apta para su tratamiento en ordenadores; la posible repercusión en los resultados de dichas simplificaciones, y las correcciones a efectuar en los mismos, en su caso, para tener en cuenta estos efectos.
- Las propiedades supuestas para los materiales, como diagramas tensión-deformación, módulos de elasticidad, resistencias y tensiones admisibles, coeficientes de retracción, fluencia y térmicos, capacidad de carga y deformabilidad del terreno, etc.
- La descripción detallada de la estructura ideal calculada, acompañada de croquis siempre que sea conveniente, incluyendo dimensiones, áreas e inercias de las secciones necesarias, tipos de conexiones en los nudos y condiciones de sustentación.
- Las acciones consideradas, las posibles combinaciones y los coeficientes de seguridad a tener en cuenta en cada caso.
- Cualquier otro dato incluido en el cálculo, especificando siempre unidades y signos.
- Nombre del programa, tipo de ordenador y centro de cálculo utilizado.
- Método de cálculo utilizado en el programa, y especialmente las bases del mismo y sus posibles simplificaciones, indicando referencias a las publicaciones consultadas si la formulación y 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 a emplear posteriormente.

4.3. Planos: Los planos deberán ser lo suficientemente descriptivos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos deberá poderse deducir también de ellos los planos auxiliares de obra o de taller.

En el caso de obras a contratar o ejecutar por el Estado o por sus Organismos autónomos, los planos deberán ser también lo suficientemente descriptivos 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 Ø, o Ø, 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 de-

recha del mismo, un cuadro con las características resistentes del hormigón y del acero empleados en los elementos que este plano define, así como los niveles de control previstos.

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 fijan o no las procedencias 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 a adoptar durante la construcción y los niveles de control exigidos para los materiales y ejecución.

En cualquier caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá, específicamente, los siguientes datos relativos a los materiales que habrán de utilizarse en la obra:

- Tipo, clase y categoría del cemento.
- Tipos de acero.
- Resistencia característica exigida al hormigón.

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

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

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

- Disposición de cimbras y encofrados, cuando no sean los usuales.
- Proceso de hormigonado, con especial referencia a las juntas (de retracción, de hormigonado, etc.).
- Proceso de desencofrado y descimbramiento;

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.

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 e 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 considerará 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 adscritos exclusivamente a la obra, y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquellos que figuren en el presupuesto, valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en el porcentaje de los costos 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 a contratar o ejecutar por el Estado o por 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 67 del Reglamento General de Contratación de obras del Estado.

Asimismo, para tales obras a contratar por el Estado o por 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 obtendrán de la forma que indica el artículo 69 del referido Reglamento General de Contratación de Obras del Estado.

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 durante cada uno de aquéllos.

4.7. Modificaciones: 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 a contratar o ejecutar por el Estado o por 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 modificación parcial de la Ley de Contratos del Estado; en los artículos 146 a 155 del Reglamento General de Contratación de Obras del Estado, y en las cláusulas 26 y 59 a 62 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la contratación de Obras del Estado, aprobado por Decreto 3854/1970, de 31 de diciembre.

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 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 la ejecución

CAPITULO II

MATERIALES

Artículo 5.º Cemento.

5.1. Cementos utilizables: El cemento empleado podrá ser cualquiera de los que se definen en el Pliego de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos, 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 de la presente Instrucción.

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 conglomerante, 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 partida servida.

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 70 grados centígrados, y si se va a realizar a mano no exceda del mayor de los dos límites siguientes:

- a) Cuarenta grados centígrados.
- b) Temperatura ambiente más cinco grados centígrados.

De no cumplirse los límites citados deberá comprobarse, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presente 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 fué 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 conglomerante en el momento de su utilización vendrá dada por los resultados que se obtengan al determinar, de acuerdo con lo prescrito en el artículo 63, la resistencia mecánica a veintiocho días del hormigón con él fabricado.

Artículo 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 todas las que tengan un pH inferior a 5, las que posean un total de sustancias disueltas superior a los 15 gramos por litro (15.000 p. p. m.);

aquellas cuyo contenido en sulfatos, expresado en SO₄, rebase un gramo por litro (1.000 p. p. m.); las que contengan ion cloro en proporción superior a 6 gramos por litro (6.000 p. p. m.); las aguas en las que se aprecie la presencia de hidratos de carbono y, finalmente, las que contengan sustancias orgánicas solubles en éter, en cantidad igual o superior a 15 gramos por litro (15.000 p. p. m.).

Podrán, sin embargo, emplearse aguas de mar o aguas salinas análogas para amasar hormigones corrientes que no vayan armados.

La toma de muestras y los análisis anteriormente prescritos deberán realizarse en la forma indicada en los métodos de ensayo UNE 7236, UNE 7234, UNE 7130, UNE 7131, UNE 7178, UNE 7132 y UNE 7235.

Artículo 7.º Áridos.

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 de los apartados 7.3 y 7.4 de este artículo.

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

7.2. Limitación de tamaño: Al menos el 85 por 100 en peso del árido total será de dimensión menor que las dos siguientes:

- a) Los cinco sextos de la distancia libre horizontal entre armaduras;

- b) La cuarta parte de la anchura, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona.

La totalidad del árido será de dimensión menor que el doble de los límites a) y b) anteriores.

7.3. Arena: La cantidad de sustancias perjudiciales que puede presentar la arena o árido fino no excederá de los límites que se indican en el cuadro adjunto:

	Cantidad máxima en porcentaje del peso total de la muestra
Terrones de arcilla	1,00
Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7133.	
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7050	5,00
Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7135.	
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2,0	0,50
Determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7244.	
Compuestos de azufre, expresados en SO ₂ y referidos al árido seco	1,20
Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7245.	

El árido fino no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento. Realizado el análisis químico de la concentración de SiO₂ y de la reducción de la alcalinidad R, según la norma UNE 7137, el árido será considerado como potencialmente reactivo si

$$SiO_2 > R, \text{ cuando } R \geq 70$$

$$SiO_2 > 35 + 0,5 R, \text{ cuando } R < 70$$

En el caso de utilizar las escorias siderúrgicas como árido fino, 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.

No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método de ensayo UNE 7082, produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón. Cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas, deberá comprobarse también que el árido fino no presenta una pérdida de peso superior al 10 y al 15 por 100 al ser sometido a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico y sulfato magnésico respectivamente, de acuerdo con el método de ensayo UNE 7138.

7.4. Grava: La cantidad de sustancias perjudiciales que puede presentar, la grava o árido grueso no excederá de los límites que se indican en el cuadro adjunto:

	Cantidad máxima en porcentaje del peso total de la muestra
Terrones de arcilla	0,25
Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7133.	
Partículas blandas	5,00
Determinadas con arreglo al método de ensayo UNE 7134.	
Finos que pasan por el tamiz 0,080 UNE 7050	1,00
Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7135.	
Material que flota en un líquido de peso específico 2,0	1,00
Determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7244.	
Compuestos de azufre, expresados en SO ₂ y referidos al árido seco	1,20
Determinados con arreglo al método de ensayo UNE 7245.	

El árido grueso no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento, evaluado como en el árido fino. En el caso de utilizar las escorias siderúrgicas como árido grueso 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.

Cuando así lo indique el pliego de prescripciones técnicas particulares, deberá comprobarse también que el árido grueso no presenta una pérdida de peso superior al 12 y al 18 por 100 al ser sometido a cinco ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico y sulfato magnésico, respectivamente, de acuerdo con el método de ensayo UNE 7136.

El coeficiente de forma del árido grueso, determinado con arreglo al método de ensayo UNE 7236, 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 mas alejados entre sí, de entre todos los que sea posible trazar.

Artículo 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 produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón ni representar un peligro para las armaduras.

Artículo 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 5º de esta Instrucción.

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

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

pudiendo utilizarse también el diámetro de 14 milímetros.

Las barras no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente en cada barra no será inferior al 95 por 100 de la sección nominal, en diámetros no mayores de 25 milímetros; ni el 90 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.

En los documentos de origen figurarán la designación y características, según el correspondiente apartado 9.2, 9.3 ó 9.4, así como la garantía del fabricante de que las barras cumplen las exigencias contenidas en esta Instrucción.

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

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

- Carga unitaria de rotura f_t , 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 porcentaje, medido sobre base de cinco diámetros igual o superior a 23.
- Ausencia de grietas después del ensayo de doblado simple a 180º efectuado a 20 ± 2º C sobre un mandril del siguiente diámetro:
 - Para barras de diámetro superior a 16 milímetros 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 90º. Este ensayo se efectuará a 20 ± 2º C, y en cada caso sobre un mandril de diámetro doble del utilizado en el ensayo de doblado simple a 180º.

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

Este acero se designa por AE 22 L.

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, una tensión media de adherencia τ_{bm} y una tensión de rotura de adherencia τ_{bo} que cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes, válidas para $\phi \leq 32$

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

donde τ_{bm} y τ_{bo} se expresan en kp/cm², y el ϕ en milímetros.

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

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

Estas barras cumplirán además las condiciones siguientes:

- 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 180º, y de doblado-desdoblado a 90º (UNE 34.088), sobre los mandriles que corresponda según tabla 9.3.b.
- Llevar grabadas las marcas de identificación establecidas por la norma UNE 38.088, relativas a su tipo y marca del fabricante.

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

La aptitud del acero para el soldeo se comprobará de acuerdo con el apartado 66.5.

Tabla 9.3.a

Designación	Clases de acero	Límite elástico f_y en kp/cm ² no menor que	Carga unitaria de rotura f_t en kp/cm ² no menor que	Alargamiento de rotura en porcentaje sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación f_t/f_y en ensayo no menor que
AE 42N	Dureza natural	4200	5500	18	1,25
AE 42F	Estirado en frío	4200	6000	12	1,10
AE 46N	Dureza natural	4600	6000	16	1,25
AE 46F	Estirado en frío	4600	5500	11	1,10
AE 50N	Dureza natural	5000	6500	14	1,20
AE 50F	Estirado en frío	5000	6000	10	1,10
AE 60N	Dureza natural	6000	7200	12	1,15
AE 60F	Estirado en frío	6000	6800	8	1,10

Tabla 9.3.b

Designación	Diámetro del mandril	
	Doblado simple	Doblado-Desdoblado
AE 42N y AE 42F	3 Ø	8 Ø
AE 46N y AE 46F	3,5 Ø	7 Ø
AE 50N y AE 60F	4 Ø	8 Ø
AE 60N y AE 60F	5 Ø	10 Ø

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

Las barras pueden ser: Barras corrugadas de acero cumpliendo las condiciones del artículo 9.3, barras lisas de acero trefilado, y barras corrugadas de acero trefilado.

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

4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12;

Cumplirán las condiciones de la tabla 9.4.

Tabla 9.4

Designación de las barras	Límite elástico f_y kp/cm^2 no menor que	Carga unitaria f_s kp/cm^2 no menor que	Alargamiento de rotura (%) sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación en ensayo f_s/f_y no menor que
AE 50T	5000	5500	10	1.05
AE 60T	6000	6600	8	1.05

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

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

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

A las barras corrugadas de acero trefilado se les exigen además las condiciones de adherencia del artículo 9.3, garantizadas mediante homologación.

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

Artículo 10. Hormigones.

10.1. Condiciones del hormigón: Las condiciones 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, a su docilidad y tamaño máximo del árido y, cuando sea preciso, las referentes a resistencia a tracción, absorción, peso específico, compacidad, desgaste, permeabilidad, aspecto externo, etc.

10.2. Resistencia del hormigón a compresión: La resistencia del hormigón a compresión a los efectos de esta Instrucción se refiere a resultados de ensayos de rotura a compresión realizados sobre probetas de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura, de veintiocho días de edad, fabricadas y conservadas con arreglo al método de ensayo UNE 7240 y rotas por compresión según el método de ensayo UNE 7242.

En aquellos casos en los que el hormigón no vaya a estar sometido a sollicitaciones en los tres primeros meses a partir

de su puesta en obra, podrá referirse la resistencia a compresión a la edad de noventa días.

10.3. Resistencia del hormigón a tracción: Un índice de la calidad de un hormigón lo constituye el valor de su resistencia a tracción, f_{ct} , la cual puede ser exigida por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares en ciertas obras especiales, indicando el método de ensayo.

10.4. Coeficientes de conversión: Si se dispusiera solamente de resultados de ensayos efectuados sobre probetas diferentes de las cilíndricas de 15x30 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 reducido mediante el empleo de coeficientes de conversión no tendrá mayor validez que la puramente informativa.

10.5. Valor mínimo de la resistencia: La resistencia característica f_{ck} (véase apartado 28.1) no será inferior, en hormigones en masa, a 50 kp/cm^2 , y en hormigones armados, a 125 kp/cm^2 .

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, que se llevará a cabo por cualquiera de los dos procedimientos descritos en los métodos de ensayo UNE 7102 y UNE 7103.

Como norma general, se evitará la utilización de hormigones de consistencia fluida, recomendándose la de hormigones de consistencia plástica compactados por vibrado. Como excepción se desaconseja el empleo de consistencias secas cuando el conglomerante que se utilice sea cemento siderúrgico sobresulfatado.

Salvo casos excepcionales, debidamente sancionados por la experiencia, se prohíbe la utilización de hormigones de consistencia líquida en elementos con función resistente.

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

Consistencia	Asiento en cm.
Seca	0 - 2
Plástica	3 - 5
Blanda	6 - 9
Fluida	10 - 15
Líquida	≥ 16

CAPITULO III

Ejecución

Artículo 11. Cimbras y encofrados.

Las cimbras y encofrados, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asentos ni deformaciones perjudiciales, las cargas, cargas variables y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y, especialmente, las debidas a la compactación de la masa.

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

Las superficies interiores de los encofrados 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 no impidan la libre retracción del hormigón.

Los encofrados 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.

Al objeto de facilitar la separación de las piezas que constituyen los encofrados, podrá hacerse uso de desencofrantes con las precauciones pertinentes.

Artículo 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 a velocidad moderada, preferentemente por medios mecánicos, no admitiéndose ninguna excepción en el caso de aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos térmicos especiales. Únicamente en el caso de acero ordinario, cuando el diámetro de las barras sea igual o superior a 25 milímetros, se admitirá el doblado en caliente, cuidando de no alcanzar la temperatura correspondiente al rojo cereza oscuro (unos 800 grados centígrados) y dejando luego enfriar lentamente las barras calentadas. El doblado de las barras se realizará, salvo indicación en contrario del proyecto, con radios interiores r que cumplan la doble condición:

$$r \geq 5 \varnothing$$

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

siendo:

\varnothing = diámetro nominal de la barra (véase su definición en el apartado 9.1 de esta Instrucción);

f_y = límite elástico del acero;

f_{ck} = resistencia característica del hormigón (véase su definición en el apartado 28.1 de esta Instrucción), expresada en las mismas unidades que f_y .

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

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

Artículo 13. Colocación de las armaduras.

13.1. Generalidades: Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquiera 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.

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

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

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

En la ejecución de las obras se cumplirán en todo caso los artículos 37, «Anclaje de las armaduras», y 38, «Empalme de las armaduras».

13.2. Distancias entre barras de armaduras principales: 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 consecutivas, salvo lo indicado en D), será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- un centímetro;
- el diámetro de la mayor;
- el valor correspondiente al apartado a) del 7.2.

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

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

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

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

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

13.3. Distancias a los paramentos:

a) Cuando se trate 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.

b) En las estructuras no expuestas a ambientes agresivos, dicha distancia será además igual o superior a:

- un centímetro, si los paramentos de la pieza van a ir protegidos;
- dos centímetros, si los paramentos de la pieza van a estar expuestos a la intemperie o a condensaciones (cocinas, cuartos de baño, etc.), o si van a estar en contacto permanente con el agua (depósitos, tuberías, etc.);
- dos centímetros en las partes curvas de las barras.

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

d) La máxima distancia libre entre las armaduras exteriores y las paredes del encofrado será de 4 centímetros, pudiendo prescindirse de esta limitación en elementos enterrados o en los hormigonados con técnicas especiales.

e) El párrafo b) es también aplicable al caso de estribos, barras de montaje o cualquier otro tipo de armaduras.

Artículo 14. Dosificación del hormigón.

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.

En hormigones en masa para presas de embalse podrá rebajarse la cantidad de cemento por metro cúbico a 140 kilogramos.

b) La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será en general de 400 kilogramos. El empleo de mayores proporciones de cemento deberá ser objeto de justificación especial.

Para establecer la dosificación (o dosificaciones, si son varios los tipos de hormigón exigidos) el constructor deberá recurrir en general a ensayos previos en laboratorio (véase el artículo 62 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 proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones anteriormente mencionadas, y en particular la resistencia exigida, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

Artículo 15. Fabricación del hormigón.

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 periodo 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 conglomerantes. Antes de comenzar la fabricación de una mezcla con un nuevo tipo de cemento deberán limpiarse perfectamente las hormigoneras.

Artículo 16. Puesta en obra del hormigón.

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, etcétera. Especialmente se cuidará de que las masas no lleguen a secarse tanto que se impida o dificulte su adecuada puesta en obra y compactación.

Cuando se empleen hormigones de diferentes tipos de cemento se limpiará cuidadosamente el material de transporte antes de hacer el cambio de conglomerante.

En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado.

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante 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.

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.

16.3. Técnicas especiales: Si el transporte, la colocación o la compactación de los hormigones se realizan empleando técnicas especiales, se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias de dichas técnicas.

Artículo 17. Juntas de hormigonado.

Cuando haya necesidad de disponer juntas de hormigonado no previstas en los planos, se situarán tales juntas 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. 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.

Realizada la operación de limpieza, se humedecorá la superficie de la junta, sin llegar a encharcarla, antes de verter el nuevo hormigón.

Se prohíbe hormigonar directamente sobre o contra superficies de hormigón que hayan sufrido los efectos de las heladas. En este caso, deberán eliminarse previamente las partes dañadas por el hielo.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá autorizar el empleo de otras técnicas para la ejecución de juntas (por ejemplo, impregnación con productos adecuados), siempre que se haya justificado previamente, mediante ensayos de suficiente garantía, que tales técnicas son capaces de proporcionar resultados tan eficaces al menos como los obtenidos cuando se utilizan los métodos tradicionales.

Si la junta se establece entre hormigones fabricados con distinto tipo de conglomerante, al hacer el cambio de éste se limpiarán cuidadosamente los utensilios de trabajo.

En ningún caso se pondrán en contacto hormigones fabricados con diferentes tipos de cemento que sean incompatibles entre sí.

Artículo 18. Hormigonado en tiempo frío o caluroso.

18.1. Hormigonado en tiempo frío: 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 en 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 65 de esta Instrucción) necesarios para conocer la resistencia realmente alcanzada, adoptándose en su caso las medidas oportunas.

18.2. Hormigonado en tiempo caluroso: Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar una evaporación sensible del agua de amasado, tanto durante el transporte como en la colocación del hormigón.

Una vez efectuada la colocación del hormigón, se protegerá éste del sol, y especialmente del viento, para evitar que se deseeque.

Si la temperatura ambiente es superior a 40 grados centígrados, se suspenderá el hormigonado, salvo autorización expresa de la Dirección de obra.

Artículo 19. Curado del hormigón.

Durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo, adoptando para ello las medidas adecuadas. Tales medidas se prolongarán durante el plazo que al efecto 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 periodo de endurecimiento la retención de la humedad inicial de la masa.

Si el curado se realiza empleando técnicas especiales, se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias de dichas técnicas.

Artículo 20. Desencofrado y descimbramiento.

Tanto los distintos elementos que constituyen 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 o descimbramiento. 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 66 de esta Instrucción) para conocer la resistencia real del hormigón y poder fijar convenientemente el momento de desencofrado o descimbramiento.

Se pondrá especial atención en retirar oportunamente todo elemento de encofrado que pueda impedir el libre juego de las juntas de retracción o dilatación, así como de las articulaciones, si las hay.

Artículo 21. Observaciones generales respecto a la ejecución.

21.1. 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.

21.2. 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.).

Artículo 22. Prevención y protección contra acciones físicas y químicas.

22.1. 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 22.2 y 22.3 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.

22.2. Durabilidad del hormigón. Por lo que respecta a la durabilidad del hormigón, deberá elegirse cuidadosamente en el proyecto el tipo, clase y categoría de conglomerante que haya de ser empleado, según las características particulares de la obra o parte de la misma de que se trate y la naturaleza de las acciones o ataques que sean de prever en cada caso. Si se emplean distintos tipos de conglomerantes en una misma obra, se tendrá presente lo indicado en los últimos párrafos de los artículos 15 y 17 de esta Instrucción.

En cuanto a los áridos, deberá comprobarse que cumplen las limitaciones indicadas en los apartados 7.3 y 7.4 de esta Instrucción, y de modo especial, las relativas a reactividad con los álcalis del cemento.

Para conseguir una mayor homogeneidad, compacidad e impermeabilidad del hormigón, se autoriza el empleo de aditivos adecuados, que deberán cumplir las prescripciones del artículo octavo de esta Instrucción.

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.

22.3. Corrosión de las armaduras. Por lo que respecta a la corrosión de las armaduras, en la fabricación de hormigones armados se proscriben el empleo de materiales (agua o áridos) capaces de aportar sales solubles al hormigón. Además se utilizarán tan sólo conglomerantes de gran estabilidad de volumen, con objeto de reducir el peligro de fisuración.

Respecto al empleo de adiciones en cuya composición entre el cloruro cálcico, se tendrá en cuenta que:

- cuando son de temer acciones de carácter electroquímico, se proscriben dicho empleo en todos los casos;
- cuando no son de temer tales acciones, puede admitirse dicho empleo si se justifica previamente que no supone peligro alguno, presente ni futuro, para las armaduras.

TÍTULO II

De la realización del proyecto

CAPÍTULO IV

BASES DE CÁLCULO

Artículo 23. Proceso general de cálculo.

El proceso general de cálculo que se propone en la presente Instrucción corresponde al conocido como método de los estados límites. Dicho cálculo trata de reducir a un valor suficientemente bajo la probabilidad siempre existente de que sean alcanzados una serie de estados límites, entendiéndose como tales aquellos estados o situaciones de la estructura o de una parte de la misma, tales que, si se rebasan, queda la estructura fuera de servicio.

El procedimiento de comprobación, para un cierto estado límite, consiste en deducir, por una parte, el efecto de las acciones aplicadas a la estructura —o a parte de ella— y, por

otra, la respuesta de tal estructura, correspondiente a la situación límite en estudio. Comparando estas dos magnitudes, siempre que las acciones exteriores produzcan un efecto inferior al que ocasiona la situación límite, podrá afirmarse que está asegurado el comportamiento de la estructura frente a tal estado límite.

Con objeto de limitar convenientemente la probabilidad de que, en realidad, el efecto de las acciones exteriores sea superior al previsto o que la respuesta de la estructura resulte inferior a la calculada, el margen de seguridad correspondiente se introduce en los cálculos mediante unos coeficientes de ponderación que multiplican los valores característicos de las acciones y otros coeficientes de minoración que dividen los valores característicos de las propiedades resistentes de los materiales que constituyen la estructura.

En consecuencia, el proceso de cálculo preconizado en la presente Instrucción consiste en:

1.º Obtención del efecto S_d de las acciones exteriores, relativo al estado límite en estudio, a partir de los valores ponderados de las acciones características.

2.º Obtención de la respuesta R_u de la estructura, relativa al estado límite en estudio, a partir de valores minorados de las características de los materiales.

3.º El criterio de aceptación consiste en la comprobación $R_u \geq S_d$.

Los estados límites pueden clasificarse en dos grandes grupos:

a) Estados límites últimos, que corresponden a una puesta fuera de servicio de la estructura por colapso o rotura de la misma o de una parte de ella.

Dentro de este grupo se incluyen:

— Estado límite de equilibrio, definido por la pérdida de la estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido (se estudia a nivel de estructura o elemento estructural completo).

— Estados límites de rotura, definido por el agotamiento resistente o la deformación plástica excesiva de una o varias secciones de los elementos de la estructura. Cabe considerar el agotamiento por solicitaciones normales y por solicitaciones tangentes (se estudia a nivel de sección de elemento estructural).

— Estado límite de inestabilidad o de pandeo de una parte o del conjunto de la estructura (se estudia a nivel de elemento estructural).

— Estado límite de adherencia, caracterizado por la rotura de la adherencia entre las armaduras de acero y el hormigón que las rodea (se estudia a nivel de sección).

— Estado límite de anclaje, caracterizado por el cedimiento de un anclaje de las armaduras (se estudia de forma local en las zonas de anclaje).

b) Estados límites de servicio, que corresponden a una puesta fuera de servicio de la estructura por razones funcionales, estéticas o de durabilidad. Dentro de este grupo se incluyen:

— Estado límite de fisuración controlada, correspondiente a una abertura máxima de las fisuras de:

0,3 milímetros, para elementos interiores en ambiente normal.

0,2 milímetros, para elementos interiores en ambiente húmedo o agresivo y elementos exteriores a la intemperie.

0,1 milímetros para elementos interiores o exteriores en ambientes muy agresivos, o que deban asegurar una estanquidad.

— Estados límites de deformación, para los cuales se alcanzan las deformaciones máximas admisibles por razón de la función que la estructura debe cumplir, o por motivos estéticos.

Artículo 24. Coeficientes de seguridad.

En los métodos de cálculo desarrollados en esta Instrucción, la seguridad se introduce a través de tres coeficientes: uno, de minoración de la resistencia del hormigón; otro, de minoración de la resistencia del acero, y otro, de mayoración de las cargas y acciones en general.

a) Estados límites últimos.

Los valores medios de dichos coeficientes, en los casos ordinarios, son los siguientes:

Coeficiente de minoración del acero $\gamma_s = 1,15$
 Coeficiente de minoración del hormigón $\gamma_c = 1,5$
 Coeficiente de mayoración de las acciones $\gamma_1 = 1,6$

debiendo corregirse estos valores, de acuerdo con lo indicado en los cuadros 24.1 y 24.2 que a continuación se incluyen.

Los valores de los coeficientes de seguridad γ_s , γ_e , γ_i adoptados y los niveles supuestos de control de calidad de los materiales y de la ejecución deben figurar explícitamente en los planos.

b) Estados límites de servicio.

Para el estudio de los estados límites de servicio, todos los coeficientes de mayoración y de minoración se tomarán iguales a la unidad.

CUADRO 24.1. COEFICIENTES DE MINORACION

Coeficiente	Nivel de control	Corrección
γ_s Valor medio $\gamma_s = 1,15$	Acero no controlado mediante ensayos	+ 0,05
	Acero controlado mediante ensayos no sistemáticos	0
	Acero controlado mediante ensayos sistemáticos	- 0,05
γ_e Valor medio $\gamma_e = 1,5$	El hormigón no es objeto de control de resistencia mediante probetas. (No se adoptará en el cálculo una resistencia característica mayor de 150 kp/cm ²)	+ 0,20
	El hormigón es objeto de control de resistencia mediante probetas.	0
	Hormigón para elementos prefabricados en instalación industrial permanente, con control sistemático muy cuidadoso de todas las operaciones	- 0,10

— Se tendrá en cuenta que, en el caso de soportes y piezas en general que se hormigonan en vertical, la resistencia característica de partida debe reducirse en un 10 por 100.
— Será necesario, para poder contar en los cálculos con una resistencia característica superior a 250 kp/cm², extremar las condiciones de control de resistencia, de forma que la base estadística proporcionada por las probetas sea amplia (control sistemático).

CUADRO 24.2. COEFICIENTES DE MAYORACION

γ_i Valor medio $\gamma_i = 1,6$	Corrección de acuerdo con el nivel de control de la ejecución.	Control de ejecución reducido.—Se realiza una inspección de la ejecución mediante visitas espaciadas sin carácter periódico, durante las cuales se efectúan observaciones no sistemáticas sobre el conjunto de las operaciones descritas en el capítulo III.	+ 0,20
		Control de ejecución normal.—Se realiza una inspección de la ejecución mediante visitas periódicas frecuentes, durante las cuales se comprueba sistemáticamente un conjunto parcial de las operaciones descritas en el capítulo III rotando las comprobaciones con objeto de inspeccionar todas las operaciones en dos o tres visitas.	0
		Control de ejecución intenso.—Se realiza una	

Corrección de acuerdo con el nivel de control de la ejecución.	Inspección detallada, disponiendo además de un técnico permanente en obra que realiza comprobaciones sistemáticas de todas las operaciones descritas en el capítulo III.	- 0,10	
γ_i Valor medio $\gamma_i = 1,6$	Corrección de acuerdo con el tipo de daños previsibles en caso de accidente.	Los daños previsibles, en caso de accidente, son mínimos y exclusivamente materiales.	- 0,10
		Los daños previsibles, en caso de accidente, son de tipo medio.	0
		Los daños previsibles, en caso de accidente, son muy importantes.	+ 0,20

- Se podrá reducir el valor final de γ_i en un 5 por 100 cuando los estudios, cálculos e hipótesis sean muy rigurosos, considerando todas las solicitaciones y todas sus combinaciones posibles y estudiando con el mayor detalle los anclajes, nudos, enlaces y apoyos.
- Deberán comprobarse con especial cuidado y rigor las condiciones de fisuración cuando el producto $\gamma_s \times \gamma_i$ resulte inferior a 1,65.

Artículo 25. Establecimiento de acciones de cálculo e hipótesis de carga más desfavorables.

Cuando las Normas o Instrucciones específicas de las estructuras no indiquen otra cosa, se aplicarán las hipótesis de carga enunciadas en este apartado.

Para encontrar la hipótesis de carga más desfavorable correspondiente a cada caso, se procederá del modo que se indica a continuación:

- 1.º De las acciones clasificadas en el artículo 29 de esta Instrucción se eliminarán aquellas que no deban considerarse por no actuar o ser despreciables en el caso que se estudia.
- 2.º A las acciones restantes se les adjudicarán, como valores de cálculo, los ponderados, del modo que se indica a continuación:

a) Estados límites últimos.

— Cargas permanentes (coeficiente de ponderación γ_{1p}). Si su efecto es desfavorable se tomará el valor mayorado con $\gamma_{1p} = \gamma_i$ (ver párrafo 3.º), aplicado simultáneamente a todas las acciones del mismo origen que actúen sobre la estructura.

Si su efecto es favorable se tomará el valor ponderado con $\gamma_{1p} = 0,9$, aplicado simultáneamente a todas las acciones del mismo origen que actúen sobre la estructura.

— Cargas que pueden actuar o dejar de hacerlo (coeficiente de ponderación γ_{1q}).

Si su efecto es desfavorable se tomará el valor mayorado con $\gamma_{1q} = \gamma_i$ (ver párrafo 3.º).

Si su efecto es favorable se tomará $\gamma_{1q} = 0$.

b) Estados límites de servicio.

Para cualquier tipo de acción el valor característico.

3.º Se computarán las tres hipótesis de carga que a continuación se indican y se elegirá la que, en cada caso, resulte más desfavorable. En cada hipótesis deberán tenerse en cuenta solamente aquellas acciones cuya actuación simultánea sea compatible.

Hipótesis I $\gamma_{1p}G + \gamma_{1q}Q$

Hipótesis II $0,9 (\gamma_{1p}G + \gamma_{1q}Q) + 0,9 \gamma_{1w}W$

Hipótesis III $0,8 (\gamma_{1p}G + \gamma_{1q}Q) + 1,1 F_{eq} + \gamma_{1w}W$

donde:

G es el valor de las acciones permanentes.

Q es el valor de las cargas variables de explotación, de nieve e indirectas, excepto las sísmicas.

W es el valor de la carga de viento.

F_{eq} es el valor de la acción sísmica.

γ_{1p} es el valor del coeficiente de ponderación aplicable a las cargas con carácter de permanentes.

γ_{1q} es el valor del coeficiente de ponderación aplicable a las cargas variables.

γ_{1w} es el valor del coeficiente de ponderación aplicable a la carga del viento, establecido por la Norma Sismorresistente.

Cuando existan diversas acciones Q de distintos orígenes y de actuación conjunta compatible, en las que algunas sean de pequeña probabilidad de que se presenten simultáneamente los valores máximos (característicos) de las mismas, se supondrá, en las expresiones anteriores, que el valor de Q es el característico para la carga variable cuyo efecto sea predominante y para aquellas cuya simultaneidad sea probable, y 0,8 del característico para las restantes.

4.º Cuando correspondan, las sobrecargas variables de uso deberán multiplicarse por un coeficiente de impacto si son capaces de originar efectos dinámicos.

5.º Cuando, de acuerdo con el proceso constructivo previsto, puedan presentarse acciones de importancia durante la construcción, se efectuará la comprobación oportuna para la hipótesis de carga más desfavorable que resulte de combinar tales acciones con las que sean compatibles con ellas. En dicha comprobación podrá reducirse, en la proporción que el proyectista estime oportuno, el valor de los coeficientes de ponderación indicada en el artículo 24 para los estados límites últimos.

Artículo 26. Comprobaciones que deben realizarse.

Los cálculos, realizados con arreglo a los métodos y prescripciones establecidos en la presente Instrucción, deberán garantizar que tanto la estructura en su conjunto como cada uno de sus elementos cumplen las condiciones siguientes:

a) Bajo cada hipótesis de carga no se sobrepasan los estados límites últimos.

Las hipótesis de carga se establecerán a partir de las acciones de cálculo valoradas con los criterios prescritos en el artículo 25.

La respuesta de la estructura, correspondiente al estado límite en estudio, se obtendrá a partir de valores minorados

de las propiedades resistentes de los materiales, según las prescripciones de los artículos 32 a 40.

b) Bajo cada hipótesis de carga no se sobrepasan los estados límites de servicio. Las hipótesis de carga se establecerán a partir de las acciones de cálculo, según los criterios expuestos en el artículo 25.

La respuesta de la estructura, correspondiente al estado límite en estudio, se obtendrá de acuerdo con las prescripciones de los artículos 41 y 42.

CAPITULO V

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Artículo 27. Características del acero.

27.1. Diagramas tensión-deformación del acero: Diagrama tensión-deformación de proyecto es el que se adopta en el proyecto 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 27.1.a ó 27.1.b, según se trate de aceros de dureza natural o endurecidos por deformación en frío; pudiendo tomarse estos diagramas como de proyecto, con los valores tipificados del límite elástico dados en el artículo 9.º

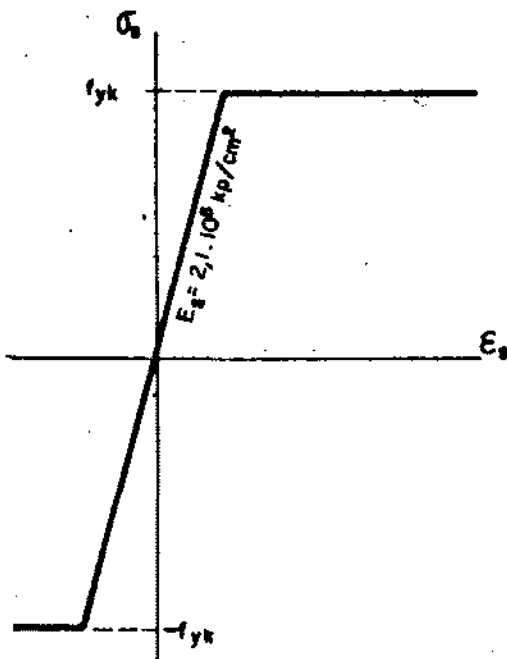


Figura 27.1.a.

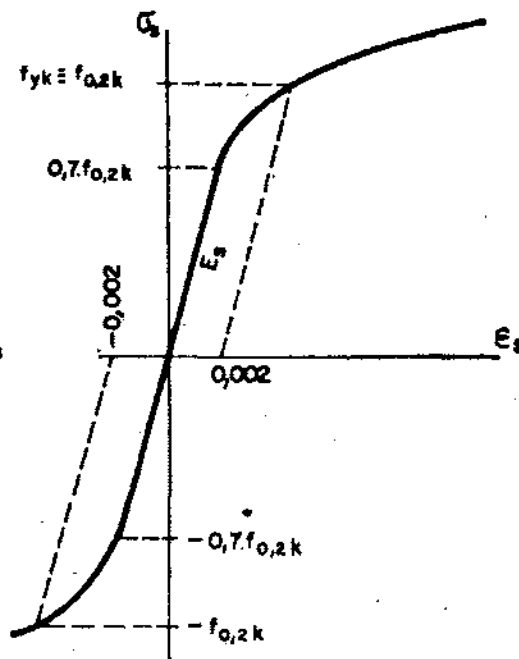


Figura 27.1.b.

En la figura 27.1.b, a partir del valor $0,7 \cdot f_{0,2k}$, el diagrama se define mediante la siguiente expresión:

$$\text{para } \sigma_s \geq 0,7 \cdot f_{0,2k}; \quad \epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} + 0,623 \left[\frac{\sigma_s}{f_{0,2k}} - 0,71 \right]$$

27.2. Resistencia de cálculo del acero: Se considerará como resistencia de cálculo del acero f_{yd} el menor de los dos valores siguientes:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad ; \quad f_{yd} = \frac{f_s}{1,30}$$

en las que f_{yk} es el límite elástico de proyecto, f_s la carga unitaria de rotura y γ_s el coeficiente de minoración definido en el artículo 24.

Las expresiones indicadas son válidas tanto para tracción como para compresión.

27.3. Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero: El diagrama de cálculo tensión-deformación del acero (en tracción o en compresión) se deduce del diagrama del proyecto mediante una afinidad oblicua, paralela a la recta de Hooke de razón $1/\gamma_s$ o la que corresponda si es operante la segunda limitación del apartado 27.2.

Cuando se utilice el diagrama de las figuras 27.1.a y 27.1.b, se obtienen los diagramas de cálculo de las figuras 27.3.a y 27.3.b.

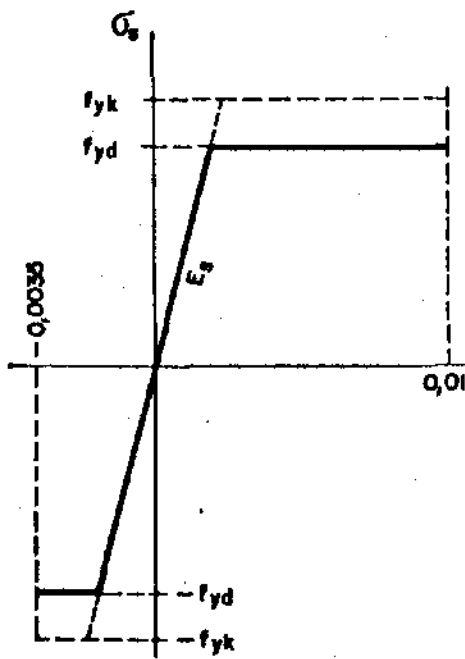


Figura 27.3 a.

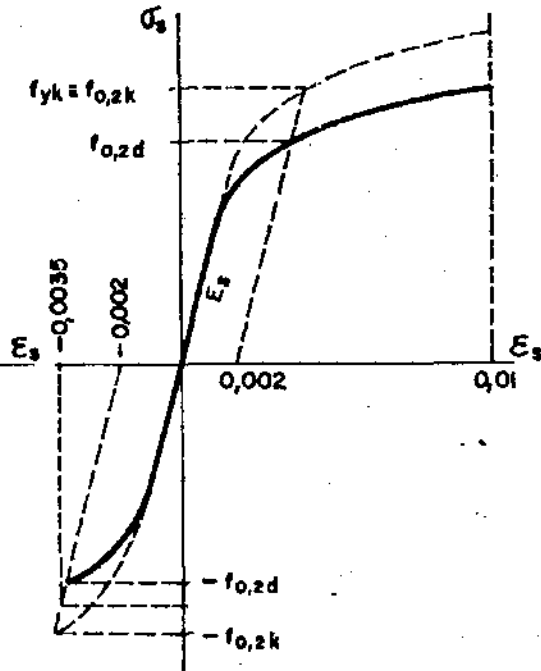


Figura 27.3 b.

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.

Artículo 28. Características del hormigón.

28.1. Definiciones: Resistencia de proyecto f_{ck} es el valor que se adopta en el proyecto 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 de obra es el valor que corresponde al cuantil del 5 por 100 en la distribución de resistencias del hormigón colocado en obra.

Resistencia característica estimada f_{ct} 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 sobre probetas tomadas en obra.

En esta Instrucción la estimación se efectúa según se indica en los apartados 64.3 y 64.4.

Abreviadamente se puede denominar resistencia característica.

28.2. Tipificación de la resistencia del proyecto: Con objeto de tipificar las resistencias de los hormigones se recomienda utilizar la siguiente serie:

- H-50, H-100, H-125, H-150, H-175, H-200, H-225, H-250, H-300, H-350, H-400, 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 .

28.3. Resistencia mínima del hormigón en función de la del acero: La resistencia de proyecto del hormigón f_{ck} , expresada en kp/cm^2 , cumplirá la relación:

$$f_{ck} \geq 50 + 0,02 f_{yk}$$

donde f_{yk} es el límite elástico de proyecto del acero, expresado en kp/cm^2 . Si no se cumple la condición anterior, no podrá considerarse en el cálculo un valor del límite elástico del acero mayor que:

$$f_{yk} = 50 f_{ck} - 2.500$$

con f_{yk} y f_{ck} en kp/cm^2 .

28.4. 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, etcétera.

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 apartado 28.6).

28.5. Resistencia de cálculo del hormigón: Se considerará como resistencia de cálculo del hormigón (en compresión f_{cd} , o en tracción $f_{ct,d}$) el valor de la resistencia de proyecto correspondiente, dividido por un coeficiente de minoración γ_c , que adopta los valores indicados en el artículo 24.

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.

28.6. Diagramas de cálculo tensión-deformación del hormigón: Para el cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales, en el estado último de agotamiento, se adoptará uno de los diagramas siguientes:

a) Diagrama parábola-rectángulo, formado por una parábola de segundo grado y un segmento rectilíneo (figura 28.6.a). El vértice de la parábola se encuentra en la abscisa 2 por 1.000 (deformación de rotura del hormigón a compresión simple) y el vértice extremo del rectángulo en la abscisa 3,5 por 1.000 (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.

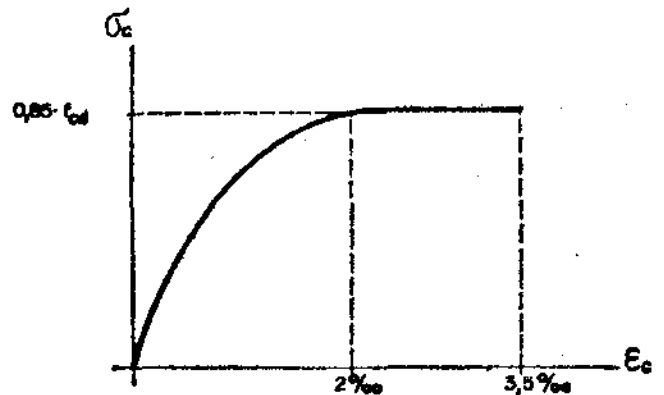


Figura 28.6 a.

b) Diagrama rectangular, formado por un rectángulo cuya altura es igual a $0,80x$, siendo x la profundidad del eje neutro, y una anchura de $0,85 f_{cd}$ (figura 28.6.b).

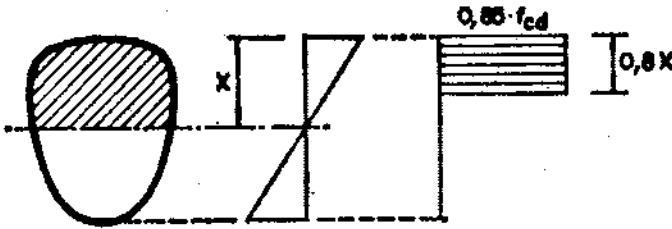


Figura 28.6.b.

c) Otros diagramas de cálculo, como parabólicos, birrectilíneos, trapezoidales, etc., siempre que los resultados con ellos obtenidos concuerden de una manera satisfactoria con los correspondientes a la parábola-rectángulo o queden del lado de la seguridad.

28.7. Módulo de deformación longitudinal del hormigón: Para cargas instantáneas o rápidamente variables el módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón (pendiente de la tangente en el origen de la curva $\sigma - \epsilon$), a la edad de j días, puede tomarse igual a:

$$E_{ci} = 21.000 \sqrt{f_j}$$

válido siempre que las tensiones en condiciones de servicio no sobrepasen el valor de $0,3 f_j$. 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_{ci} en kp/cm^2 .

El coeficiente 21.000 de la expresión anterior debe sustituirse por 14.000 cuando se trate de cargas duraderas o permanentes en climas húmedos, y por 8.500 cuando se trate de cargas duraderas o permanentes en climas secos.

Como módulo instantáneo de deformación longitudinal secante E_j (pendiente de la secante) en la región de tensiones de servicio anteriormente definida se adoptará:

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

28.8. Retracción del hormigón: En general, para unas condiciones medias, puede admitirse como valor de la retracción:

- para elementos de hormigón en masa: 0,35 milímetros por metro.
- para elementos de hormigón armado: 0,25 milímetros por metro.

Se puede prescindir de la retracción cuando se trate de estructuras sumergidas en agua o enterradas en suelos no excesivamente secos.

Para una evaluación más afinada del valor de la retracción habrían de tenerse en cuenta las diversas variables que influyen en el fenómeno, en especial el grado de humedad ambiente, el espesor o menor dimensión de la pieza, la composición del hormigón, la cantidad de armadura y el tiempo transcurrido desde la ejecución, que marca la duración del fenómeno.

28.9. Fluencia del hormigón: La deformación total producida en un elemento de hormigón es suma de diversas deformaciones parciales, que pueden clasificarse como sigue:

Deformaciones:	Dependientes de la tensión		Independientes de la tensión
	Instantáneas	Diferidas (fluencia)	
Reversibles	Elásticas	Elásticas diferidas	Termohigrométricas
Irreversibles	Remanentes	Plásticas diferidas	Retracción

De un modo simplificado, se engloban en el concepto de fluencia todas las deformaciones diferidas, elásticas y plásticas que dependen de la tensión. De un modo simplificado también, la deformación por fluencia puede considerarse proporcional a la deformación elástica instantánea, calculada esta última, a partir de un módulo de formación longitudinal del hormigón (véase apartado 28.7 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.

28.10. Coeficiente de Poisson: Para el coeficiente de Poisson, relativo a las deformaciones elásticas bajo tensiones anormales de utilización, se tomará un valor medio igual a 0,20. En ciertos cálculos, puede despreciarse el efecto de la dilatación transversal.

28.11. Coeficiente de dilatación térmica: El coeficiente de dilatación térmica del hormigón armado se tomará igual a 10^{-4} .

CAPITULO VI

CARGAS Y OTRAS ACCIONES

Artículo 29. Clasificación de las acciones.

A los efectos de esta Instrucción, las distintas acciones capaces de producir estados tensionales en una estructura o elemento de hormigón se clasifican en tres grupos: cargas permanentes, cargas variables y acciones indirectas.

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de los distintos elementos que forman la obra; por tanto, actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud. Se distinguen entre ellas al 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 obra debe rendir. Entre ellas deben distinguirse las cargas variables fijas, que tienen el carácter de cargas permanentes, y las cargas variables, cuyas magnitudes y/o posiciones no son constantes;
- cargas variables climáticas, que comprenden las acciones de viento y nieve; y
- cargas variables del terreno, debidas al peso del terreno y/o a sus empujes.

Las acciones indirectas están originadas por fenómenos capaces de engendrar fuerzas de un modo indirecto, al imponer deformaciones o imprimir aceleraciones a la estructura. Se distinguen entre ellas las:

- 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 asiento, producidas por descensos diferenciales de los apoyos de la estructura como consecuencia de asientos del terreno de cimentación, y
- acciones sísmicas, producidas por las aceleraciones transmitidas a la masa de la estructura por los movimientos sísmicos.

Artículo 30. Valores característicos de las acciones.

30.1. 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.

30.2. 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, y en todo caso se tendrá en cuenta que los elementos de la estructura en que las acciones o reacciones sean debidas en parte importante a los efectos del terreno deberán estudiarse de acuerdo con la técnica de la mecánica

del suelo, adoptándose convenientemente a ellas los criterios que en esta Instrucción se establecen.

30.3. 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 los apartados 28.8 y 28.9 de esta Instrucción.

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.

Podrá prescindirse de considerar en el cálculo de estructuras corrientes de edificación, de los asientos, de las sustentaciones, siempre que no excedan los límites generalmente aceptados por la mecánica del suelo.

En los demás casos, cuando sean de prever asientos de las sustentaciones que a juicio del proyectista puedan tener una influencia apreciable en el comportamiento de la estructura, se determinarán los valores de las acciones correspondientes por asiento, de acuerdo con las recomendaciones al respecto derivadas de la teoría y práctica de la mecánica del suelo.

Los valores característicos de las acciones térmicas se obtendrán, a partir del coeficiente de dilatación térmica 10^{-5} establecido para el hormigón armado en el apartado 28.11 de esta Instrucción, 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:

$$20 - (0,75 \sqrt{\text{espesor del elemento en cm.}} > 20)$$

- En estructuras abrigadas de la intemperie estos valores pueden reducirse a la mitad.
- En obras enterradas pueden incluirse en el espesor del elemento el correspondiente a la capa de tierra que lo recubre y aísla del exterior.
- En estructuras formadas por elementos de distinto espesor, para simplificar los cálculos, se admite una tolerancia de ± 5 grados centígrados en los valores resultantes.
- En 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 producidos por la radiación solar. Igualmente, se estudiará este efecto cuando elementos de poco espesor hayan de estar sometidos a un calentamiento artificial por una cara o paramento.

Artículo 31. Determinación de los efectos originados por las acciones.

31.1. Generalidades: Los efectos originados por las acciones son los esfuerzos que actúan en una sección de una pieza de la estructura, tales como momento flector, esfuerzo normal, esfuerzo cortante, momento de torsión, etc. Al conjunto de tales esfuerzos se denomina sollicitación.

Como norma general, la determinación de las sollicitaciones

se efectuará con arreglo a los principios de la mecánica racional, complementados, en caso necesario, por las teorías clásicas de la resistencia de materiales y de la elasticidad. No obstante, para el cálculo de las sollicitaciones se podrá tener en cuenta el comportamiento de los materiales más allá de su fase elástica, siempre que se justifiquen debidamente las hipótesis adoptadas.

En particular, para el cálculo de placas se admitirá la aplicación de la teoría de las líneas de rotura, siempre que pueda aceptarse como hipótesis de cálculo que una vez elegida la disposición más desfavorable de las cargas éstas aumentan proporcionalmente hasta alcanzar el agotamiento. Por otra parte, se tendrá en cuenta que la teoría de las líneas de rotura es válida en la medida en que se satisfacen las tres condiciones siguientes:

- a) Rigidez perfecta de apoyos.
- b) Rotura de la pieza por agotamiento de la armadura.
- c) El acero presenta un escalón de cedencia.

31.2. Datos generales para el cálculo de las sollicitaciones: Salvo justificación especial, se considerará como luz de cálculo de las piezas la menor de las dos longitudes siguientes:

- a) La distancia entre ejes de apoyo.
- b) La luz libre, más el canto.

Para el cálculo de sollicitaciones en estructuras formadas por piezas prismáticas o asimilables a ellas podrán considerarse los momentos de inercia de las secciones completas de hormigón, prescindiendo de las armaduras.

CAPITULO VII

CÁLCULO DE SECCIONES

Artículo 32. Principios generales de cálculo de secciones sometidas a sollicitaciones normales.

32.1. Hipótesis básicas: Es válido todo método de cálculo en agotamiento que se efectúe a partir de las hipótesis siguientes:

- a) Bajo la acción de las sollicitaciones, las armaduras tienen la misma deformación que el hormigón que las envuelve.
- b) Las deformaciones del hormigón siguen una ley plana para piezas en las que la relación l_0/h de la distancia entre puntos de momento nulo, al canto total, sea superior a dos.
- c) Los diagramas tensión-deformación relativos al acero y al hormigón son los indicados en los apartados 27.3 y 28.6. No se considera la resistencia a tracción del hormigón.
- d) En el agotamiento, los dominios de deformación relativos al hormigón y al acero, según las distintas sollicitaciones, son los indicados en el apartado 32.2.
- e) Se aplicarán a las secciones las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, igualando la resultante de las tensiones del hormigón y del acero (sollicitación resistente) con la sollicitación actuante.

32.2. Dominios de deformación: Las deformaciones límites de las secciones, según la naturaleza de la sollicitación, conducen a admitir los siguientes dominios (figura 32.2):

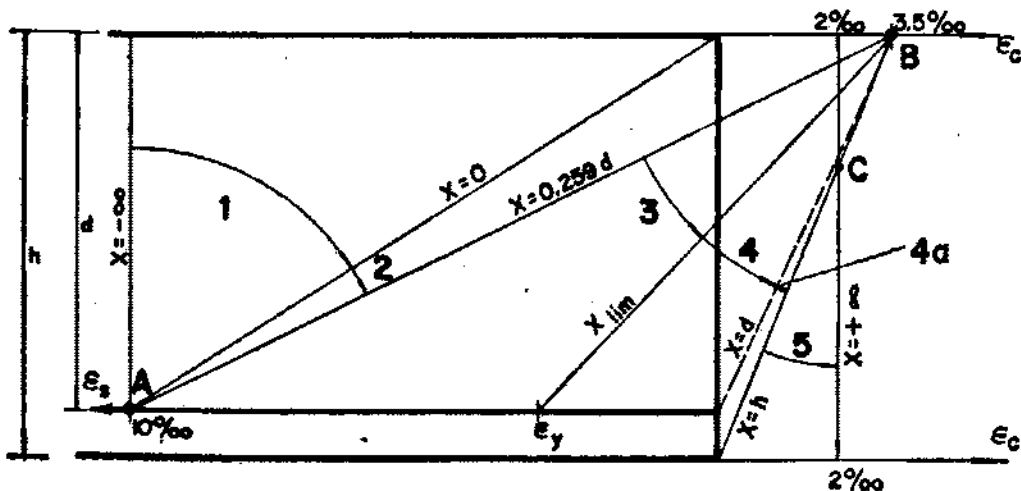


Figura 32.2.

Dominio 1: Tracción simple o compuesta en donde toda la sección está en tracción. Las rectas de deformación giran alrededor del punto A, correspondiente a un alargamiento del acero más traccionado del 10 por 1.000.

Dominio 2: Flexión simple o compuesta en donde el hormigón no alcanza la deformación de rotura por flexión. Las rectas de deformación giran alrededor del punto A.

Dominio 3: Flexión simple o compuesta en donde las rectas de deformación giran alrededor del punto B, correspondiente a la deformación de rotura por flexión del hormigón $\epsilon_{cu} = 3,5$ por 1.000. El alargamiento de la armadura más traccionada está comprendido entre el 10 por 1.000 y ϵ_y , siendo ϵ_y el alargamiento correspondiente al límite elástico del acero.

Dominio 4: Flexión simple o compuesta en donde las rectas de deformación giran alrededor del punto B. El alargamiento de la armadura más traccionada está comprendido entre ϵ_y y 0.

Dominio 4a: Flexión compuesta en donde todas las armaduras están comprimidas y existe una pequeña zona de hormigón en tracción. Las rectas de deformación giran alrededor del punto B.

Dominio 5: Compresión simple o compuesta en donde ambos materiales trabajan a compresión. Las rectas de deformación giran alrededor del punto C, definido por la recta correspondiente a la deformación de rotura del hormigón por compresión $\epsilon_{cu} = 2$ por 1.000.

32.3. Compresión simple o compuesta: Todas las secciones sometidas a compresión simple deben calcularse teniendo en cuenta la incertidumbre del punto de aplicación del esfuerzo normal, para lo cual se introducirá una excentricidad mínima e_x en la dirección más desfavorable, igual al mayor de los valores:

$$\frac{h}{20} \geq 2 \text{ cm.}$$

en donde h es el canto total de la sección en la dirección considerada.

Las secciones sometidas a compresión compuesta se comprobarán, independientemente en cada uno de los dos planos principales, con excentricidades no inferiores a las indicadas para el caso de compresión simple.

Las secciones sometidas a compresión compuesta esviada se comprobarán como a compresión simple si ambas excentricidades no exceden de los mínimos señalados en este apartado.

32.4. Compresión simple en piezas zunchadas: El zunchado debe reservarse para piezas cortas sin posibilidad de pandeo

o para refuerzos locales (articulaciones, apoyos de cargas concentradas sobre una superficie pequeña, etc.). El efecto de zunchado se consigue mediante armaduras transversales formadas por hélices o cercos cerrados, siempre que el paso de la hélice o la distancia entre cercos no exceda de la quinta parte del diámetro del núcleo objeto de zunchado y el número de barras de la armadura longitudinal no sea inferior a seis.

La comprobación de compresión simple en una pieza zunchada se efectuará de acuerdo con los principios establecidos en los apartados 32.1 y 32.3 de esta Instrucción, considerando como sección útil del hormigón el área A_{cu} de la sección transversal del núcleo, limitada por el borde exterior de la armadura transversal. Por el efecto del zunchado, la sollicitación de agotamiento N_u se incrementará en el esfuerzo:

$$1,50 A_{st} \cdot f_{yd} \quad (1)$$

con los siguientes significados:

A_{st} = volumen por unidad d: longitud de la armadura transversal que constituye el zunchado;

f_{yd} = resistencia de cálculo en tracción del acero del zunchado.

El esfuerzo (1) debido al zunchado es válido siempre que la esbeltez geométrica de la pieza no sea superior a cinco. Si dicha esbeltez es igual o superior a diez, la pieza no se considerará zunchada a efectos de cálculo. En los casos de esbeltez geométrica intermedia entre cinco y diez, se considerará como valor de N_u el que se obtenga al interpolar linealmente entre los valores calculados con el esfuerzo (1) y sin dicho esfuerzo.

32.5. Flexión esviada simple o compuesta: Los principios generales de cálculo establecidos en el apartado 32.1 para flexión normal son también de aplicación a la flexión esviada simple o compuesta (véase su definición en el anejo 2).

El cálculo de secciones rectangulares sometidas a flexión o compresión compuesta esviada, con armaduras iguales en sus cuatro esquinas y armaduras iguales en sus cuatro caras, puede efectuarse, como si se tratase de una sola flexión normal, con una excentricidad ficticia (figura 32.5):

$$e'_y = e_y + \beta e_x \frac{h}{b} \text{ con } \frac{e'_y}{e_x} \geq \frac{b}{h}$$

en donde β es una constante cuyos valores se indican en la tabla siguiente, correspondiente a cuantías normales y cualquier tipo de acero:

ν	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	$\geq 1,0$
β	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5

siendo:

$$\nu = \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Para grandes cuantías ($\nu > 0,6$), los valores indicados pa-

ra β se aumentarán en 0,1, y por el contrario, para cuantías débiles ($\nu < 0,2$), dichos valores podrán disminuirse en 0,1.

En cualquier caso, las armaduras de las secciones sometidas a flexión esviada deberán cumplir las mismas prescripciones impuestas en el apartado 34.1 de esta Instrucción para el caso de flexión normal.

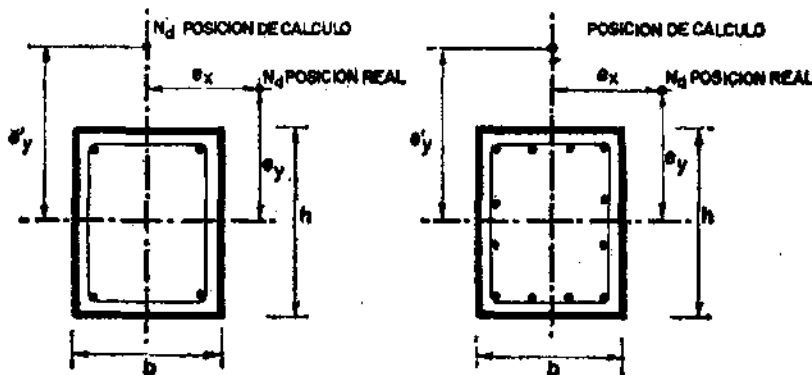


Figura 32.5.

Artículo 33. Método simplificado del momento tope.

En este método simplificado son válidas las hipótesis a), b) y e) establecidas en el apartado 32.1, que se completan con las definiciones e hipótesis que a continuación se indican:

a) Se define como «momento tope» del hormigón en una sección el momento producido, con respecto a la armadura de tracción, por una tensión de compresión igual a $0.7 f_{cd}$ aplicada uniformemente a toda la sección útil. Se entiende por sección útil el área que corresponde al canto útil, es decir, la comprendida entre la armadura de tracción y el borde opuesto o borde comprimido.

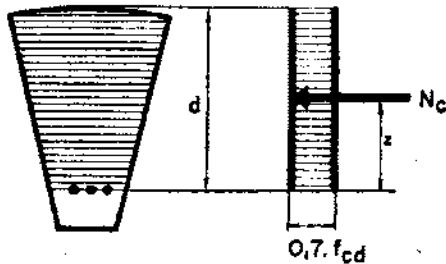
b) A la deformación de agotamiento del hormigón en compresión se le asigna el valor de 0.0035.

c) El diagrama de reparto de tensiones en la zona de hormigón comprimido se asimila a un rectángulo de base igual a la resistencia de cálculo del hormigón f_{cd} (salvo en el caso de excepción previsto en el punto d), y cuya altura y vale:

$$\begin{aligned} &\text{— cuando } x \leq d, & y &= 0.75 x; \\ & & x &= \frac{3}{4} d \\ &\text{— cuando } x \geq d, & y &= \frac{2}{3} d \end{aligned}$$

siendo x la profundidad de la fibra neutra de deformaciones (profundidad de la zona de hormigón sometida a acortamiento) y d el canto útil de la sección.

d) Si el rectángulo de compresiones del hormigón, anteriormente definido, proporcionase un momento respecto a la armadura de tracción superior al momento tope, se considerará que la base del rectángulo no es f_{cd} , sino otra menor de valor tal que dicho momento respecto a la armadura de tracción resulte precisamente igual al momento tope.



MOMENTO TOPE: $M_{\text{tope}} = N_c \cdot Z$

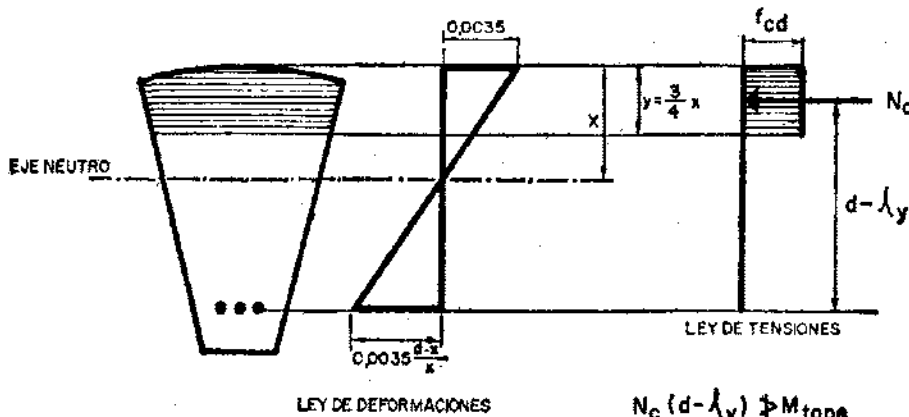
EN SECCION RECTANGULAR:

$$M_{\text{tope}} = 0.7 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d \cdot \frac{d}{2} = 0.35 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2$$

Figura 33.a.

e) Cualquiera que sea el tipo de acero se considerará el siguiente diagrama de cálculo (en tracción o en compresión),

que conduce a resultados suficientemente acordes con la realidad (figura 33.e):



$$N_c (d - \lambda_y) \geq M_{\text{tope}}$$

$$N_c = f_{cd} \int_0^y b dy$$

Figura 33.d.

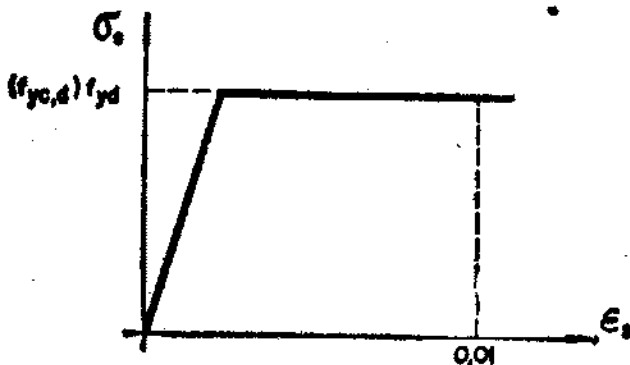


Figura 33.e.

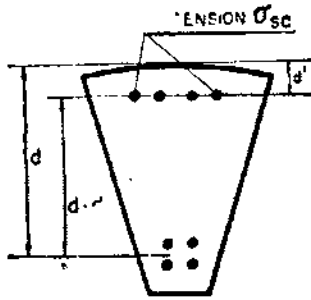
La resistencia de cálculo $f_{r0,d}$ se limita, por definición, al valor:

$$f_{r0,d} \geq 4.000 \text{ kp/cm}^2$$

f) Se admite que si la distancia d' del centro de gravedad de la armadura de compresión a la fibra extrema más comprimida no es superior al 20 por 100 del canto útil, la tensión de dicha armadura, al llegar al agotamiento, es igual en todos los casos a la resistencia de cálculo del acero. Se recuerda que para esta resistencia no debe tomarse nunca un valor superior a 4.000 kp/cm².

Si excepcionalmente la distancia d' resulta superior al valor indicado, deberá determinarse la tensión en la armadura por medio de la ecuación de compatibilidad de deformaciones.

A partir de las hipótesis mencionadas, estableciendo las ecuaciones de equilibrio y las de compatibilidad de deformaciones, se obtienen las fórmulas prácticas de cálculo incluidas en el anejo 7 de esta Instrucción.



Si $d' \leq 0,2 d$, $\sigma_{sc} = f_{yc,d} \geq 4.000 \text{ kp/cm}^2$
 Si $d' > 0,2 d$, σ_{sc} SE CALCULA POR LA
 ECUACION DE COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES

Figura 33.f.

Artículo 34. Disposiciones relativas a las armaduras.

34.1. Flexión simple o compuesta: En las secciones sometidas a flexión simple si la armadura de tracción A_s dada por el cálculo es:

$$A_s < 0,04 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} A_{oc}$$

en donde:

f_{yd} = resistencia de cálculo del acero en tracción,
 f_{cd} = resistencia de cálculo del hormigón en compresión,
 A_{oc} = área de la sección útil del hormigón, es decir, la comprendida entre la armadura de tracción y el borde opuesto comprimido,

se dispondrá como armadura de tracción el menor de los dos valores siguientes:

- a) $0,04 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} A_{oc}$
- b) $\frac{4A_s}{3}$

Para flexión compuesta se tomará siempre el valor al.

Si existen además armaduras en compresión, para poderlas tener en cuenta en el cálculo será preciso que vayan sujetas por cercos o estribos cuya separación s sea igual o inferior a quince veces el diámetro ϕ_d de la barra comprimida más delgada y cuyo diámetro ϕ_s sea igual o superior a $1/4 \phi_s$, siendo ϕ_s el diámetro de la barra comprimida más gruesa. Si la separación s entre cercos es inferior a $15\phi_d$, su diámetro ϕ_s podrá disminuirse de tal forma que la relación entre la sección del cerco y la separación s siga siendo la misma que cuando se adopta

$$\phi_s = \frac{s}{15} \phi_d \quad \text{y} \quad s = 15\phi_d$$

(Continuará.)

MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

CORRECCION de errores del Decreto 2779/1973, de 9 de noviembre, por el que se modifica el Decreto número 379/1970, relativo a la organización del Ministerio de Asuntos Exteriores y otras disposiciones complementarias.

Advertidos errores en el Decreto 2779, de 9 de noviembre de 1973, publicado en el «Boletín Oficial del Estado» número 270, de 10 de noviembre de 1973, página 21719 y siguientes, se transcriben a continuación las oportunas rectificaciones:

En el preámbulo: En el párrafo que comienza «la participación de España», en su última línea, dice: «... gubernamentales o no gubernamentales de ámbito análogo...», debe decir: «... gubernamentales o no gubernamentales, de ámbito análogo...».

En el artículo 5.º, dice: «... Iberoamérica y Africa y Próximo y Medio Oriente...», debe decir: «... Iberoamérica y Africa, Próximo y Medio Oriente...».

En el artículo 6.º, dice: «A la Dirección General del Servicio Exterior corresponde...», debe decir: «Al Director general del Servicio Exterior corresponde...».

En el artículo 7.º, párrafo dos, dice: «... Iberoamérica, Africa y Próximo y Medio Oriente...», debe decir: «... Iberoamérica y Africa, Próximo y Medio Oriente...».

En el artículo 8.º, párrafo uno, dice: «... la política exterior de España en materia cultural...», debe decir: «... la política exterior en materia cultural...».

En el artículo 8.º, párrafo dos, dice: «... Iberoamérica, Africa y Próximo y Medio Oriente...», debe decir: «... Iberoamérica y Africa, Próximo y Medio Oriente...».

En el artículo 9.º, dice: «A la Dirección General de Asuntos Consulares, corresponde...», debe decir: «Al Director general de Asuntos Consulares corresponde...».

En el artículo 9.º, párrafo uno, dice: «... la política exterior del Estado en materia consular...», debe decir: «... la política exterior en materia consular...».

En el artículo 9.º, párrafo dos, dice: «... Iberoamérica, Africa y Próximo y Medio Oriente...», debe decir: «... Iberoamérica y Africa, Próximo y Medio Oriente...».

En el artículo 9.º, párrafo cuatro, dice: «... los derechos o intereses...», debe decir: «... los derechos e intereses...».

En el artículo 10, párrafo uno, dice: «... la política exterior del Estado en materias de cooperación...», debe decir: «... la política exterior en materias de cooperación...».

En el artículo 10, párrafo uno, dice: «... líneas formuladas...», debe decir: «... líneas generales formuladas...».

En el artículo 10, párrafo dos, dice: «... Iberoamérica y Africa y Próximo y Medio Oriente...», debe decir: «... Iberoamérica y Africa, Próximo y Medio Oriente...».

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

RESOLUCION de la Subsecretaria por la que se delegan determinadas funciones en los Subdirectores generales y Jefes de Servicio de la Subsecretaria.

Estructurada la Subsecretaria del Departamento por Decreto 2529/1973, de 17 de agosto, se hace preciso acomodar a la misma la delegación de funciones establecida con anterioridad a su vigencia, revisando al mismo tiempo su contenido, con objeto de que, de una parte, el titular de la dependencia pueda atender debidamente los asuntos de mayor trascendencia dentro de los que le estén encomendados, y de otra, se atempere el contenido de la delegación a las facultades propias de los Jefes de las unidades inferiores, reguladas en la Orden de la Presidencia del Gobierno de 31 de diciembre de 1958.

En su virtud, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 22 de la Ley de Régimen Jurídico de la Administración del Estado y previa aprobación del excelentísimo señor Ministro, de 24 de noviembre de 1973, esta Subsecretaria ha resuelto establecer la siguiente delegación de funciones:

1. En el Subdirector general de Gestión Económica y Régimen Interior:

a) Proponer al Ministerio de Hacienda las adscripciones y cesiones de bienes inmuebles, las mutaciones demaniales de los bienes adscritos al Departamento y el arrendamiento de bienes inmuebles necesarios para los servicios del Ministerio.

b) Nombrar a los funcionarios que han de representar al Ministerio en las adscripciones y cesiones de bienes inmuebles adscritos al Departamento, así como a los representantes y Peritos de la Administración, en los expedientes de expropiación forzosa, competencia de la Subsecretaria.