

	PAGINA		PAGINA
cia arancelaria para importación de diversas materias primas por exportaciones, previamente realizadas, de diversas láminas y tejidos plásticos.	24056	Orden de 21 de noviembre de 1973 por la que se descalifica la vivienda de protección oficial, sita en la calle Conde Torrefiel, número 104, antes 80, de Valencia, de don José Sornosa Arastey.	24058
<b>MINISTERIO DE INFORMACION Y TURISMO</b>			
Orden de 22 de noviembre de 1973 por la que se dispone el cese y nombramiento de Vocales suplentes del Jurado de Ética Profesional Periodística.	24042	Resolución de la Dirección General de Urbanismo por la que se relacionan los asuntos sometidos de acuerdo con lo dispuesto en la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana de 12 de mayo de 1956 y en el Decreto 63/1968, de 18 de enero, con indicación de la resolución recaída en cada caso.	24058
Orden de 6 de diciembre de 1973 por la que se desarrolla el Decreto 2509/1973, de 11 de octubre, que reorganiza determinados Servicios del Ministerio de Información y Turismo.	24032	<b>SECRETARIA GENERAL DEL MOVIMIENTO</b>	
Orden de 7 de diciembre de 1973 por la que se dictan normas sobre exhibición de películas cinematográficas nacionales en relación con lo establecido en la Orden de 10 de febrero de 1965.	24038	Orden de 11 de diciembre de 1973 por la que se convoca elección para cubrir vacante en la Comisión Permanente del Consejo Nacional del Movimiento del Consejero representante de las Corporaciones Locales, de acuerdo con lo establecido en el apartado c) del artículo 13 de la Ley Orgánica del Movimiento y de su Consejo Nacional.	24040
<b>MINISTERIO DE LA VIVIENDA</b>			
Orden de 15 de noviembre de 1973 por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo interpuesto por don Salvador Modolell Lluch contra la Orden ministerial de 36 de octubre de 1968.	24057	Orden de 11 de diciembre de 1973 por la que se convocan elecciones a Consejeros nacionales de las estructuras básicas entre los Procuradores en Cortes representantes de las Corporaciones Locales.	24040
Orden de 15 de noviembre de 1973 por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia dictada por el Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo interpuesto por don Gregorio García Ceballos contra la Orden ministerial de 27 de junio de 1971.	24057	<b>ADMINISTRACION LOCAL</b>	
Orden de 21 de noviembre de 1973 por la que se descalifican dos viviendas de protección oficial, sitas en piso cuarto, letras A y B, de la finca número 4 de la calle Fantasía Bética, de Cádiz, de don Pedro Segura Ferns.	24057	Resolución de la Diputación Provincial de Guipúzcoa relativa al expediente de expropiación forzosa, con carácter de urgencia, de las fincas que se citan, afectadas por las obras del proyecto de «Renovación y ampliación del camino vecinal de Ventas de Irún a Mendelú».	24058
Orden de 21 de noviembre de 1973 por la que se descalifica la vivienda de protección oficial, sita en la calle de Don Joaquín Vellilla, número 8, de Erandio-Bilbao, de doña Carmen Merino Merino e hijos.	24058	Resolución de la Diputación Provincial de Guipúzcoa relativa al expediente de expropiación forzosa, con carácter de urgencia, de las fincas que se citan, afectadas por las obras del proyecto de «Ensanche y mejora de un tramo del camino vecinal de Urdanibia, por Olaberria y San Narciso, a las Ventas de Irún, comprendido entre el palme de aquél con la CN-1 y el punto kilométrico 20».	24059

## I. Disposiciones generales

### PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

- \* **INSTRUCCION para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado, aprobada por Decreto 3052/1973, de 19 de octubre. (Continuación.)**

Obtenidas las  $N = 2m$  determinaciones de resistencia de otras tantas amasadas y ordenadas de menor a mayor en la forma:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

se define como resistencia característica estimada de la parte de obra sometida a este control el valor:

$$f_{est} = 2 \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{m-1}}{m-1} \leq x_m \leq K_N \cdot x_1$$

siendo  $K_N$  el parámetro definido en el apartado 64.3 de esta Instrucción, para el caso de ensayos de control a nivel intermedio para el valor  $N = 2m$ .

El criterio de aceptación de la parte de la obra sometida a control es:

$$f_{est} \geq f_{ck}$$

Al comienzo, y mientras no se hayan aceptado cuatro ensayos de control consecutivos, se tomará  $N = 12$ ; se tomará  $N = 6$ , cuando se hayan realizado cuatro ensayos consecutivos favorables con  $N = 12$  o en tanto en cuanto resulten favorables los

ensayos realizados con  $N = 6$ . El hecho de que un ensayo de control con  $N = 6$  resulte desfavorable ( $f_{est} < f_{ck}$ ) obligará a realizar los siguientes con  $N = 12$ , hasta que, por haberse conseguido cuatro favorables consecutivos pueda pasarse a  $N = 6$ .

64.5. Decisiones derivadas del control cuando  $f_{est} < f_{ck}$ : Cuando por resultar  $f_{est} < f_{ck}$  no pueda aceptarse la hipótesis de que el hormigón de la obra tiene una resistencia característica igual o superior a la del proyecto, con independencia de las sanciones contractuales previstas y a falta de una explícita previsión del caso en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de la obra se procederá como sigue:

- Si  $f_{est} \geq 0,9 f_{ck}$ , la obra se aceptará.
- Si  $f_{est} < 0,9 f_{ck}$ , se procederá a realizar a costa del constructor los ensayos de información previstos en el artículo 65 o pruebas de carga previstas en el artículo 68 de esta Instrucción a juicio del Director de la Obra y, en su caso, a demolerlos o a reforzarlos. En caso de haber optado por ensayos de información y resultar éstos desfavorables, podrá el Director de Obra ordenar las pruebas de carga antes de decidir la aceptación o demolición.
- Antes de tomar la decisión de aceptar, reforzar o demoler, el Director de Obra podrá consultar con el proyectista y/o con organismos especializados, la estimación de la disminución de la seguridad, a la vista de lo cual podrá tomar aquella decisión incluso sin la realización de los ensayos previstos en b).

En cualquier caso, siempre que sea  $f_{est} < f_{ck}$  el constructor tiene derecho a realizar a su costa los ensayos de información previstos en el artículo 65, en cuyo caso la base de juicio se trasladará al resultado de estos últimos.

**Artículo 65. Ensayos de información.**

Estos ensayos sólo son preceptivos en los casos previstos por esta Instrucción en los artículos 18 y 20 y en el apartado 64.4, o cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Su objeto es conocer la resistencia real del hormigón de una parte determinada de la obra, a una cierta edad.

Los ensayos de información pueden consistir en:

a) La rotura de probetas testigo extraídas del hormigón endurecido (métodos de ensayo UNE 7241 y UNE 7242). Esta forma de ensayo sólo podrá realizarse cuando dicha extracción sea posible sin afectar de un modo sensible a la capacidad de resistencia de la obra.

b) La fabricación y rotura de probetas, en forma análoga a la indicada para los ensayos de control, pero conservando las probetas, no en agua, sino en unas condiciones que sean lo más parecidas posible a aquellas en las que se encuentre el hormigón cuya resistencia se busca.

c) El empleo de métodos no destructivos confiables que merezcan la aprobación del Director de Obra.

Para la valoración de la resistencia en los ensayos a) y c) debe tenerse en cuenta que en soportes o elementos análogos hormigonados verticalmente la resistencia puede estar reducida en un 10 por 100, como se considera en el cálculo en el apartado 28.5.

**Artículo 66. Control de la calidad del acero.**

66.1. Generalidades: En correspondencia con el valor adoptado para  $\gamma_s$ , de acuerdo con el artículo 24 de esta Instrucción, se establecen los siguientes niveles para controlar la calidad del acero:

- Control a nivel reducido.
- Control a nivel normal.
- Control a nivel intenso.

66.2. Control a nivel reducido: Corresponde a  $\gamma_s = 1,20$  y es sólo de aplicación a barras lisas o corrugadas, cuando se emplean como lisas, con límite elástico no mayor de 2.200 kp/cm<sup>2</sup>.

El control consiste en comprobar sobre cada diámetro:

- Su sección equivalente, que ha de cumplir lo especificado en el apartado 9.1, realizándose dos verificaciones por partida.
- La no formación de grietas o fisuras sobre los ganchos de anclaje.

66.3. Control a nivel normal: Corresponde a  $\gamma_s = 1,15$ .

El control consiste en:

- Exigir para cada partida que entre en obra el certificado del fabricante que garantiza sus características mecánicas según el artículo 9.º de esta Instrucción.
- Tomar dos probetas por cada diámetro y partida de 20 Tm. o fracción para sobre ellas:
  - Verificar que la sección equivalente cumple lo especificado en el apartado 9.1.
  - En caso de barras corrugadas, verificar que las características geométricas de sus resaltes están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación (apartado 9.3).
  - Realizar los ensayos de doblado simple a 180º y desdoblado, según los apartados 9.2, 9.3 y las Normas UNE 36097 y UNE 36088.

— Determinar al menos en dos ocasiones, durante la realización de la obra, el límite elástico, carga de rotura y alargamiento en rotura como mínimo en una probeta por cada diámetro empleado.

— En el caso de existir empalmes por soldadura, verificar, de acuerdo con lo especificado en el apartado 66.5, la aptitud para el soldeo en obra.

66.4. Control a nivel intenso: Corresponde a  $\gamma_s = 1,1$ .

El control consiste en:

- Exigir para cada partida que entre en obra el certificado del fabricante que garantiza sus características mecánicas, según el artículo 9.º de esta Instrucción.

— Tomar dos probetas por cada diámetro y partida de 20 Tm. o fracción, para sobre ellas:

- Verificar que la sección equivalente cumple lo especificado en el apartado 9.1.
- En caso de barras corrugadas verificar que las características geométricas de sus resaltes están comprendidas entre los límites admisibles establecidos en el certificado de homologación (apartado 9.3).
- Realizar los ensayos de doblado simple a 180º y desdoblado, según los apartados 9.2, 9.3 y las Normas UNE 36097 y UNE 36088.

— Realizar ensayos periódicos y sistemáticos de comprobación de las características del material especificadas en el artículo 9.º, no menos de tres veces, en el curso de la obra y con un mínimo de una comprobación por cada 50 Tm. En cada comprobación se tomarán al menos dos probetas procedentes de cada diámetro utilizado.

— En el caso de existir empalmes por soldadura, se verificará la aptitud para el soldeo en obra, según el apartado 66.5, al menos dos veces en el curso de la obra por diámetro.

66.5. Ensayo de aptitud al soldeo en obra: Este ensayo se realizará sobre los diámetros máximo y mínimo que se vayan a soldar.

De cada diámetro se tomarán seis probetas, realizándose con tres los ensayos de tracción y con las otras tres el de doblado simple, procediéndose de la siguiente manera:

— Ensayo de tracción: De las tres probetas tomadas para este ensayo, una se probará soldada y las otras sin soldadura, determinando su carga total de rotura. El valor obtenido para la probeta soldada no presentará una disminución superior al 5 por 100 de la carga total de rotura media de las otras dos probetas ni será inferior a la carga de rotura garantizada.

De la comparación de los diagramas fuerza-alargamiento correspondientes resultará que, para cualquier alargamiento, la fuerza correspondiente a la barra soldada no será inferior al 95 por 100 del valor obtenido del diagrama de la barra testigo de diagrama inferior.

La base de medida del extensómetro ha de ser, como mínimo, tres veces la longitud de la oliva.

— Ensayo de doblado simple: Se realizará sobre tres probetas soldadas, en la zona de afección del calor (HAZ) sobre un mandril de diámetro  $D_1$  prescrito en la tabla 3 de la UNE 36088, hoja 1, y de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.2 de esta Instrucción.

**CAPITULO X****CONTROL DE EJECUCIÓN****Artículo 67. Control de la ejecución.**

67.1. Generalidades: El control de la ejecución tiene por objeto garantizar el cumplimiento de las prescripciones generales del capítulo III de esta Instrucción, más las específicas contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Corresponde a la Dirección de la Obra la responsabilidad de la realización del control de la ejecución, el cual se efectuará necesariamente al nivel correspondiente en función del valor adoptado para  $\gamma_i$  en el proyecto.

Según el artículo 24 de esta Instrucción se establecen los siguientes tres niveles para la realización del control de la ejecución:

- Control de ejecución a nivel reducido.
- Control de ejecución a nivel normal.
- Control de ejecución a nivel intenso.

67.2. Control de ejecución a nivel reducido.

Corresponde a un valor de  $\gamma_i = 1,8$ .

Se realiza mediante visitas de inspección de la obra sin carácter periódico, durante las cuales se efectúan observaciones no sistemáticas sobre las prescripciones enunciadas en el apartado 68.1.

67.3. Control de ejecución a nivel normal.

Corresponde a un valor de  $\gamma_i = 1,6$ .

Se realiza mediante frecuentes y periódicas visitas de inspección de la obra, durante las cuales se comprueba sistemática-

mente y por rotación un conjunto parcial de operaciones correspondientes a las prescripciones del apartado 67.1, con objeto de cubrir la totalidad en dos o tres visitas.

#### 67.4. Control de ejecución a nivel intenso.

Corresponde a un valor de  $\gamma_f = 1.5$ .

Se realiza mediante visitas de inspección de la obra frecuentes, periódicas y detalladas, disponiendo de un técnico facultativo permanentemente en la misma que realiza comprobaciones continuadas y sistemáticas de la totalidad de las prescripciones del apartado 67.1.

#### Artículo 68. Pruebas de la obra.

68.1. Generalidades: En el caso en que, debido al carácter particular de la obra, convenga comprobar que la misma reúne, una vez terminada, ciertas condiciones específicas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares establecerá las pruebas oportunas que deban realizarse, indicando con toda precisión tanto la forma de llevar a cabo el ensayo como el modo de interpretar los resultados.

Aparte de lo anterior, se realizarán pruebas de carga de la obra en los casos previstos en el siguiente apartado 68.2, debiendo respetarse en tales pruebas las disposiciones contenidas en los apartados 68.3 y 68.4 del presente artículo.

68.2. Realización de pruebas de carga: Salvo indicación en contrario del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, no será necesario someter a pruebas de carga las obras, proyectadas y construídas con arreglo a la presente Instrucción, en las que el hormigón haya alcanzado la resistencia prevista en el cálculo.

Si el Pliego antes mencionado impone la realización de pruebas de carga, deberá establecer los siguientes puntos:

- zonas de la obra que deben cargarse;
- magnitudes que deben medirse;
- métodos de medida utilizables;
- puntos o zonas donde debe medirse;
- condiciones de carga o descarga.

Si el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares no impone la realización de pruebas de carga, pero éstas resultan necesarias; de acuerdo con lo previsto en el apartado 64.4 de esta Instrucción, por no haberse obtenido resultados satisfactorios en los ensayos de control de la resistencia del hormigón, será el Director de Obra, de acuerdo con el autor del proyecto, quien establezca los puntos antedichos.

68.3. Forma de realizar las pruebas de carga: Como norma general, no se realizarán pruebas de carga antes de que el hormigón haya alcanzado una resistencia igual, por lo menos, a la considerada en el cálculo.

La carga de prueba no deberá exceder en ningún caso de la carga característica tenida en cuenta en el cálculo.

Si la prueba se realiza con cargas fijas, se evitará cualquier choque o vibración que pueda afectar desfavorablemente al elemento que se ensaya, y se dispondrán las cargas de manera que no se produzcan efectos de arco o bóveda susceptibles de transmitir directamente a los apoyos una parte de la carga aplicada.

Si la prueba se realiza con cargas móviles, éstas deberán aplicarse a una velocidad lo más parecida posible a la prevista para las cargas reales de utilización de la obra. Por otra parte, salvo expresa indicación en contrario del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, se admitirá siempre sustituir los esfuerzos dinámicos previstos en el cálculo por la carga estática equivalente.

Los aparatos de medida se dispondrán unidos a soportes bien firmes y estables, colocándolos, en la medida de lo posible, abrigados de la intemperie y alejados de cualquier influencia extraña que pueda deformarlos o hacerlos entrar en vibración.

68.4. Interpretación de los resultados de las pruebas de carga: El resultado de la prueba se considerará satisfactorio si se cumplen las tres condiciones siguientes:

- a) En el transcurso del ensayo no se producen fisuras cuya amplitud pueda comprometer la seguridad o la durabilidad de la obra.
- b) Las flechas medidas no exceden de los valores establecidos en el proyecto como máximos compatibles con la correcta utilización de la obra.
- c) La flecha residual después de retirar la carga, habida cuenta del tiempo en que esta última se ha mantenido, es lo suficientemente pequeña como para estimar que la obra pre-

sentará un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición deberá satisfacerse tras el primer ciclo de carga-descarga o, en su defecto, tras un segundo ciclo que se permite realizar a tal propósito.

## Comentarios

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

#### Artículo 1.º Campo de aplicación de la Instrucción.

*El efecto perjudicial de las altas temperaturas es, en general, más acusado en ambientes secos que en ambientes húmedos. El valor límite de setenta grados centígrados establecido por la Instrucción resulta en todos los casos, suficientemente seguro.*

*Si la temperatura excede de dicho límite se deberá recurrir a textos especializados y adoptar las medidas oportunas.*

#### Artículo 2.º Notación y unidades.

#### Artículo 3.º Definiciones.

#### Artículo 4.º Documentos del proyecto.

##### 4.2. Memoria.

4.2.1. Normas generales: *El nivel de control de calidad elegido influye en el valor de los coeficientes de seguridad a considerar en el cálculo, por lo que debe justificarse su adopción y viabilidad.*

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

##### 4.2.2. Cálculos en ordenador.

4.3. Planos: *Las prescripciones incluidas acerca de la unidad en que deben expresarse las cotas tienden a facilitar la rápida comprensión de los planos, así como a simplificar el trabajo de delineación, ya que permiten prescindir de las indicaciones m., cm., etc.*

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

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

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

4.5. Presupuesto: *En general se recomienda realizar las mediciones expresándose: las excavaciones y rellenos en metros cúbicos; los encofrados en metros cuadrados; los hormigones en metros cúbicos; las armaduras en kilogramos, y las cimbras o elementos auxiliares que se requieran, de acuerdo con el proceso de construcción previsto.*

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

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

##### 4.6. Programa de trabajo.

4.7. Modificaciones: *Siempre que se haga una modificación sobre un plano, deberá estamparse la mención ANULADO en las copias anteriores, anotando en el plano rectificado la fecha de su expedición y la referencia del plano.*

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

4.8. Aplicación preferente de la legislación de contratos del Estado.

## CAPITULO II

## MATERIALES

## Artículo 5.º Cemento.

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

Tipo	Clase	Categoría	Designación
Portland.	Portland normal.	250	P = 250
		350	P = 350
		450	P = 450
	Portland resistente a las aguas seleníticas.	250	PAS = 250
		350	PAS = 350
	Siderúrgico.	Portland siderúrgico.	250
350			PS = 350
Portland horno alto.		250	PHA = 250
		350	PHA = 350
Siderúrgico sobresulfatado.		250	SF = 250
Puzolánico.	Puzolánico.	250	PUZ = 250
		350	PUZ = 350
Aluminoso.	Aluminoso fundido.	350 a 24 h.	CA = 350

Dentro de los indicados, el Pliego también recoge conglomerantes con características especiales. Estas son:

a) En los cementos tipo portland, el color; los cementos blancos (designación PB, seguida del número correspondiente a la categoría) y los coloreados.

b) En todos los tipos de cemento, los de bajo contenido en álcalis (designación adicional BA).

c) En todos los tipos de cemento, los de bajo color de hidratación (designación adicional OC).

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

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

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

Si los resultados del ensayo de fraguado son compatibles con las condiciones particulares de la obra (lo que puede no ocurrir si son de tener heladas, por ejemplo), podrá seguir utilizándose el cemento con tal de que sea posible compensar su caída de resistencia con una dosificación más rica de conglomerante en el hormigón. Este aumento de dosificación, no obstante, vendrá limitado por la cifra máxima de 400 kg/m<sup>3</sup>, prescrita con carácter general en el artículo 14 de esta Instrucción, o, eventualmente, por otra más estricta que pueda figurar en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

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

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

## Artículo 6.º Agua.

Resulta más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas en su curado que en su amasado. Por ella puede usarse el agua de mar para amasar hormigones no armados

a costa de una disminución de la resistencia, pero no es aconsejable emplearla como agua de curado.

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

Por otro lado, conviene analizar sistemáticamente estas aguas para comprobar que no aumenta su salinidad o demás impurezas a lo largo del tiempo (como suele suceder, por ejemplo, cuando el abastecimiento proviene de pozos).

La limitación del contenido máximo de cloruros expresados en ión cloro es una medida preventiva contra posibles acciones corrosivas sobre las armaduras, que pueden producir mermas en la sección de éstas, fisuraciones y disminución de adherencia. Cuando se trate de hormigón en masa, por tanto, el límite establecido puede ampliarse elevándolo del orden de tres o cuatro veces.

Con cementos portland de la clase PAS, resistentes a los agresivos seleníticos, el límite máximo para el contenido del ión sulfato puede elevarse a cinco gramos por litro (5.000 p. p. m.).

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

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

## Artículo 7.º Áridos.

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

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

En otros ensayos, el resultado es verdaderamente interesante sólo en un cierto número de casos, ya que su finalidad consiste en dar un índice del comportamiento del material en circunstancias que, a pesar de ser relativamente frecuentes, no son comunes a todas las obras. Esto ocurre con la determinación de la pérdida de peso en solución de sulfato sódico o magnésico, cuyo principal objeto es conocer la resistencia frente a la helada del árido empleado en el hormigón.

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

De los tres grupos de ensayos citados, los apartados 7.3 y 7.4 de esta Instrucción recogen solamente los del primero, más el de heladicidad correspondiente al segundo. No siendo este último ensayo de interés general, su obligatoriedad se deja, como es lógico, a criterio del pliego de prescripciones técnicas particulares, el cual podrá exigir además, a la vista de las circunstancias que concurren en la obra de que se trate, la realización de los ensayos adicionales que considere oportunos.

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

7.3. Arena: La presencia de sulfuros detectados en el ensayo cualitativo de la Norma UNE 7245 pone de manifiesto la inestabilidad potencial del árido y por consiguiente el peligro de su empleo para la fabricación de hormigón al poder afectar a su durabilidad.

Respecto a los ensayos prescritos para la arena, véanse las ideas generales expuestas anteriores en el comentario al apartado 7.1.

7.4. Grava: El empleo de áridos gruesos con formas inadecuadas dificulta extraordinariamente la obtención de buenas resistencias y, en todo caso, exige una dosis excesiva de cemento. Por esta razón, es decir, para evitar la presencia de áridos laminares y aciculares en una proporción excesiva, se limita in-

feriormente el coeficiente de forma de la grava. El valor límite establecido no es muy exigente, por lo que sólo aquellos áridos que tienen gran cantidad de granos de forma inadecuada tendrán un coeficiente inferior a 0,15 y obligarán, por tanto, a recurrir a los ensayos previos que para este caso se prescriben. Tales ensayos consisten en la fabricación de probetas de hormigón, con objeto de comprobar si es o no admisible la dosis de cemento que esos áridos necesitan para que el hormigón correspondiente alcance las cualidades exigidas.

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

Respecto a los demás ensayos prescritos para la grava, véanse las ideas generales expuestas anteriormente en el comentario al apartado 7.1.

#### Artículo 8.º Aditivos.

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

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

#### Artículo 9.º Armaduras.

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

Se entiende por sección equivalente de una barra corrugada, expresada en centímetros cuadrados, el cociente de su peso en gramos, por 7,85 veces su longitud en centímetros. El diámetro del círculo cuya área es igual a la sección equivalente se denomina diámetro equivalente.

En general, en el caso de los aceros de dureza natural, el límite elástico coincide con el valor aparente de la tensión correspondiente al escalón de cedencia. En los casos en que no aparece este escalón (acero estirado en frío) o aparece poco definido, es necesario recurrir al valor convencional prescrito en el articulado. La designación  $f_y$  puede emplearse en todos los casos, pero si resulta necesario distinguir los aceros de dureza natural y los estirados en frío, debe utilizarse  $f_y$  para los primeros y  $f_{0,2}$  para los segundos.

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

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

La determinación de las eventuales mermas de sección de una barra debe realizarse después de limpiar cuidadosamente para eliminar las posibles escamas de laminación y el óxido no adherido firmemente.

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

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

9.2. Barras lisas: Las condiciones exigidas a las barras lisas coinciden en lo esencial con las definidas en la Norma UNE 36087.

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

El procedimiento para medir la adherencia entre el acero y el hormigón es siempre convencional, al igual que la definición de la tensión  $\tau_a$  de adherencia. Por ello se trata este tema refiriéndolo a un método de ensayo internacionalmente adoptado (anexo 5), donde se definen las tensiones  $\tau_{0m}$  y  $\tau_{0u}$  y el procedimiento operatorio.

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

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

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

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

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

- Designación comercial.
- Fabricante.
- Marcas de identificación.
- Tipo de acero.
- Condiciones técnicas de suministro.

#### Características garantizadas:

- Diámetros nominales
- Masas por metro.
- Características geométricas del corrugado.
- Características mecánicas.
- Características de adherencia.
- Condiciones de soldeo, en su caso.
- Recomendaciones de empleo.

9.4. Mallas electrosoldadas: En la denominación «barras lisas de acero trellado» se comprenden las grafiladas con resaltos grabados que no cumplen las condiciones establecidas para la adherencia en el artículo 9.3.

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

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

#### Artículo 10. Hormigones.

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

No obstante, habrá casos en los que convendrá exigir específicamente un mínimo relativo a una determinada cualidad del hormigón: resistencia al desgaste en un pavimento, resistencia al hielo-deshielo en una obra de alta montaña, impermeabilidad en un depósito de agua, etc. No es posible dar en una Instrucción indicaciones generales a este respecto. Por eso, en el apartado 10.1, se remite al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de cada obra, el cual deberá precisar, en cada caso, de acuerdo con lo prescrito en el apartado 4.4 de esta Instrucción, el método de ensayo normalizado que debe emplearse para la comprobación de la cualidad correspondiente, así como las cifras límites admisibles en los resultados.

10.2. Resistencia del hormigón a compresión.

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

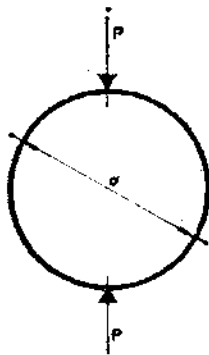


Figura 10.2

A) Ensayo brasileño, sobre probetas de 15 X 30 centímetros y 28 días de edad. El ensayo se realiza según la disposición de la figura 10.2, con lo que se produce la rotura por hendimiento. La resistencia a tracción pura viene dada por:

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

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

B) Ensayo de flexotracción, sobre probetas prismáticas de sección cuadrada y 28 días de edad. Las probetas, de lado a, y longitud total 3a, se ensayan a flexión con una distancia entre apoyos de 4a y descansando sobre una de las dos caras que, durante el hormigonado, estaban situadas lateralmente. La resistencia a flexotracción viene dada por:

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

siendo  $M_u$  el momento de rotura.

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

La influencia de las distintas variables que habitualmente intervienen en los ensayos es particularmente importante en el caso de los dos mencionados. Por ello, si se desea que los resultados sean realmente representativos, los ensayos habrán de realizarse en laboratorio y de acuerdo con métodos que se hayan definido previamente con todo detalle. Tales métodos deberán ajustarse, por supuesto, a las líneas generales anteriormente citadas.

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

Si no se dispone de resultados de ensayo, podrá deducirse la resistencia a tracción pura en función de la de compresión mediante la fórmula

$$f_{ct} = 0,58 \sqrt[3]{(f_c)^2}$$

donde  $f_{ct}$  es la resistencia a tracción, expresada en  $\text{kp/cm}^2$ , y  $f_c$  es la resistencia a compresión en probeta cilíndrica de 15X30, a 28 días, expresada en  $\text{kp/cm}^2$ .

En el caso de que sea  $150 \leq f_c \leq 500 \text{ kp/cm}^2$ , puede utilizarse la fórmula aproximada:

$$f_{ct} = 8 + 6 \frac{f_c}{100}$$

en la que  $f_{ct}$  y  $f_c$  deben expresarse en  $\text{kp/cm}^2$ .

10.4. Coeficiente de conversión: Para un hormigón dado, únicamente la realización de ensayos comparativos, periódicamente repetidos a lo largo de la construcción, permitirá determinar los coeficientes de conversión aplicables a los resultados de ensayos efectuados sobre probetas diferentes de las cilíndricas de 15X30, para obtener valores comparables a los obtenidos con estas últimas.

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

Si no se dispone más que de resultados de ensayos a 28 días de edad, se podrá, a falta de datos experimentales reales correspondientes al hormigón de que se trate, admitir como valores de la relación entre la resistencia de j días de edad y la resistencia a 28 días de edad, los dados a título indicativo en los cuadros II y III de la página siguiente.

CUADRO I

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

Tipo de probeta (supuesta con caras refrenadas)	Dimensiones — cm.	Coeficiente de conversión a la probeta cilíndrica de 15 X 30	
		Límites de variación	Valores medios
Cilindro	15 X 30	—	1,00
Cilindro	10 X 20	0,94 a 1,00	0,97
Cilindro	25 X 50	1,00 a 1,10	1,05
Cubo	10	0,70 a 0,90	0,80
Cubo	15	0,70 a 0,90	0,80
Cubo	20	0,75 a 0,90	0,83
Cubo	30	0,80 a 1,00	0,90
Prisma	15 X 15 X 45	0,90 a 1,20	1,05
Prisma	20 X 20 X 60	0,90 a 1,20	1,05

CUADRO II

Resistencias a compresión sobre probeta del mismo tipo

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

CUADRO III

Resistencias a tracción sobre probetas del mismo tipo

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

10.5. Valor mínimo de la resistencia: Todo hormigón en masa es una mezcla de agua, áridos y un conglomerante, pero no toda mezcla de esos componentes puede considerarse, a los efectos de esta Instrucción, como un hormigón en masa.

Para ello ha de poseer una cierta resistencia mínima, por debajo de la cual no cabe hablar de material hormigón, sino de un conglomerado artificial sin denominación específica. La cifra límite de 50 kp/cm<sup>2</sup> es lo suficientemente baja para que pueda ser obtenida en todos los casos, siempre que se utilice un mínimo de 150 kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón, tal como se prescribe en el artículo 14 de esta Instrucción.

Respecto al hormigón armado, la cifra límite es lógicamente más alta, pues la presencia de armaduras plantea problemas específicos (corrosión, concentración de esfuerzos en codos y anclajes, etc.).

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

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

En la puesta en obra de los hormigones fabricados con cemento siderúrgico sobresulfatado, deben observarse precauciones especiales. En estos casos no es conveniente emplear mezclas secas para asegurar la hidratación completa del conglomerante. Debe preferirse el uso de mezclas plásticas, que pueden compactarse por vibrado si se desea, sin más precaución que la de reducir el tiempo de vibrado para que no se produzca segregación.

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

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

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

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

CAPITULO III

EJECUCIÓN

Artículo 11. Cimbras y encofrados.

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

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

mínimo el número de sus juntas, reforzándolas convenientemente.

Cuando la luz de un elemento sobrepase los seis metros, se recomienda disponer el encofrado de manera que, una vez desencofrada y cargada la pieza, ésta presente una ligera contraflecha (del orden del milésimo de la luz) para conseguir un aspecto agradable.

Artículo 12. Doblado de las armaduras.

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

La limitación impuesta en el artículo 12 que se comenta, para el radio interior de doblado de las barras, proporciona valores comparables a los indicados en otras instrucciones extranjeras y, según se ha podido comprobar experimentalmente, resulta suficientemente segura, en especial si se respetan las prescripciones relativas a distancias al paramento y a colocación de cercos en los codos. Aunque sea elemental, debe recordarse también a este respecto la conveniencia de no doblar, en una misma sección de la pieza, un número elevado de barras, con objeto de no crear una concentración de tensiones en el hormigón que pudiera llegar a ser peligrosa.

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

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

Artículo 13. Colocación de las armaduras

13.1. Generalidades: Los calzos y apoyos provisionales de las armaduras en los encofrados deben ser de mortero u otro material apropiado, desaconsejándose el empleo de la madera. Tampoco es conveniente utilizar para estos fines elementos metálicos si han de quedar vistos, pues podrían perjudicar la durabilidad de la obra o su buen aspecto.

Aun cuando no exista peligro de confusión de barras, debe evitarse, en la medida de lo posible, el empleo simultáneo, como armaduras longitudinales, de aceros de características diferentes en una misma sección.

13.2. Distancias entre barras de armaduras principales: Los cruces de vigas sobre apoyos constituyen un caso especial en el que pueden disminuirse las distancias mínimas indicadas en el apartado 13.2, siempre que la ejecución sea particularmente cuidada; es decir, siempre que se asegure un correcto hormigonado del nudo, de manera que todas las barras queden perfectamente envueltas por el hormigón.

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

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

13.3. Distancia a los paramentos: Como aclaración a las prescripciones sobre recubrimientos mínimos, a continuación se incluye un croquis acotado (fig. 13.5) en el que se representa el caso de un cruce de dos barras ortogonales y un estribo, en el supuesto de pieza con paramentos protegidos.

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

Debe tenerse en cuenta que la mejor protección para las armaduras es un hormigón de buena resistencia y compactación.

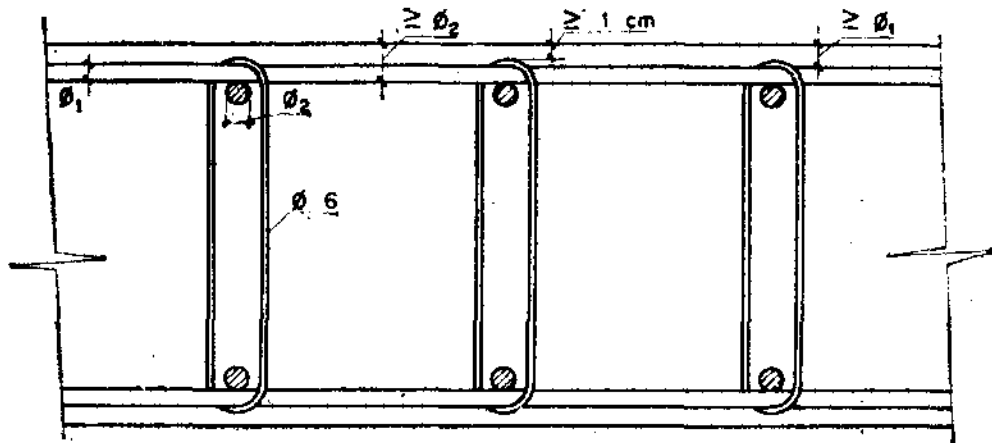


Figura 13.3

Estas cualidades juegan un papel mucho más importante que el simple espesor del recubrimiento, por grande que este sea.

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

#### Artículo 14. Dosificación del hormigón.

La cantidad mínima necesaria de cemento por metro cúbico de hormigón depende, en particular, del tamaño de los áridos, debiendo ser más elevada a medida que disminuye dicho tamaño.

El peligro de emplear mezclas muy ricas en cemento reside en los fuertes valores que, en tales casos, pueden alcanzar la retracción y el calor de fraguado en las primeras edades. No obstante, si se atiende cuidadosamente a otros factores que también influyen en estos fenómenos, tales como el tipo y categoría del cemento, la relación agua/cemento, el proceso de curado, etcétera, es posible emplear proporciones más elevadas de conglomerante. Por ello se admite rebasar la cifra de 400 kilogramos en circunstancias especiales, en las que, como ocurre en ciertos casos de prefabricación, se cuidan y controlan al máximo todos los detalles relativos a los materiales, granulometría, dosificación, ejecución y curado final.

A título puramente indicativo, en el anexo 6 se incluyen unos cuadros que dan con una cierta aproximación, las proporciones que deben emplearse de los distintos componentes, en función del tipo y categoría del cemento, de la clase y tamaño del árido, de la consistencia deseada para la masa y de la resistencia característica que se pretende obtener. Estos cuadros orientativos pueden servir como primera aproximación, recomendándose proceder a ensayos previos de resistencia en el caso de condiciones de ejecución diferentes a las medias (véase comentario al artículo 62 de esta Instrucción).

Conviene señalar también que, si bien en los cuadros sólo se consideran dos tamaños de áridos, grava y arena, es siempre recomendable utilizar un mínimo de tres tamaños, especialmente si la grava disponible es muy gruesa o si se desea obtener un hormigón de elevada resistencia.

#### Artículo 15. Fabricación del hormigón.

Para medir en volumen los áridos deben utilizarse recipientes de poca sección y mucha altura, con objeto de introducir el mínimo error posible en las medidas.

Cuando la importancia de la obra lo permita, se recomienda emplear centrales automáticas dosificadoras por peso de todos los materiales, con técnico especializado a su frente, apoyado en sus decisiones por un laboratorio de obra que compruebe todos los extremos con influencia sobre los resultados, y calcule las correcciones necesarias en cada caso, especialmente en lo que se refiere a las variaciones de calidad del cemento empleado y a la cantidad de agua que contengan los áridos en el momento de entrar en la hormigonera.

Por razones de homogeneidad del hormigón resultante, es aconsejable verter los materiales dentro de la hormigonera en el siguiente orden:

1.º Una parte de la dosis de agua (aproximadamente la mitad).

2.º El cemento y la arena simultáneamente. Si no es posible, se verterá una fracción del primero y después la fracción que proporcionalmente corresponda de la segunda, repitiendo la operación hasta completar las cantidades previstas.

3.º La grava. Si está dividida en dos o más fracciones, deberá seguirse con ellas un procedimiento análogo al descrito para el cemento y la arena.

4.º El resto del agua de amasado, a ser posible no de una vez, sino poco a poco, de la forma que se parezca más a un chorro continuo.

El tiempo que debe durar el amasado depende, principalmente, de las características y capacidad de las hormigoneras y de la consistencia del hormigón. Dicho tiempo puede reducirse a menos de un minuto si se utilizan hormigoneras especiales en las que esté debidamente comprobado que su eficacia de mezclado permite efectuar tal reducción. Por el contrario, con las hormigoneras que corrientemente se emplean en las obras, el minuto es el tiempo mínimo admisible, recomendándose aumentarlo, por lo que se refiere al tamaño de la hormigonera, en tantas veces quince segundos como fracciones de 400 litros, de exceso sobre los 750 litros, tenga la capacidad de la máquina utilizada.

Por otra parte, conviene tener en cuenta que los hormigones para vibrar son los que más aumentan de resistencia con un buen amasado, por lo que, en estos casos, puede ser interesante incrementar el tiempo de batido hasta dos a tres minutos.

Por todo ello, es en general recomendable que la capacidad de producción del conjunto de las hormigoneras existentes en la obra resulte holgada con relación a la velocidad de hormigonado prevista, con el fin de que se pueda prolongar el tiempo de amasado.

Se recuerda que en el caso de hormigón preamasado deberá cumplirse la Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado EHPRE-72, además de la presente.

#### Artículo 16. Puesta en obra del hormigón.

16.1. Transporte y colocación: Conviene que la duración del transporte sea la menor posible para evitar la disgregación de la masa, así como los peligros de desecación y fraguado. Por ello, como norma general, no debe transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y compactación. Pero incluso este plazo resulta excesivo si no se toman precauciones especiales, cuando se emplean cementos de fraguado rápido o cuando se trata de hormigones de baja relación agua/cemento, tales como los destinados a una compactación por vibrado.

La impulsión por bomba, el empleo de camiones con cuba rotatoria y otros procedimientos especiales pueden suprimir algunos inconvenientes del transporte, pero no todos. Por tanto, se recomienda que, una vez en marcha, el sistema elegido, se compruebe que, efectivamente, el hormigón llega al tufo en las condiciones deseadas.

En cualquier caso, siempre que sea posible, las probetas de control se fabricarán en el lugar de puesta en obra y no a la salida de la hormigonera, con objeto de que, al resultar afectadas por las posibles variaciones ocasionadas por el transporte, sean verdaderamente representativas del hormigón empleado.



Como las características de la masa varían del principio al final de cada descarga de la hormigonera, no es conveniente, si se quiere conseguir una buena uniformidad, el dividir, para el transporte, un mismo amasijo en distintos recipientes.

Si no se realiza desde pequeña altura, el vertido del hormigón en caída libre produce, inevitablemente, la disgregación de la masa. Por tanto, si la altura es apreciable (del orden de los dos metros) deben adoptarse disposiciones apropiadas para evitar que se produzca el efecto mencionado. En general el peligro de disgregación es mayor cuanto más grueso es el árido y menos continua su granulometría, y sus consecuencias son tanto más graves cuanto menor es la sección del elemento que se trata de hormigonar.

16.2. Compactación: En el comentario al apartado 10.1 de esta Instrucción, se indica que la resistencia a compresión de un hormigón es un índice de sus restantes cualidades; pero debe llamarse la atención sobre el hecho de que esto es así únicamente si se trata de hormigones bien compactados, pues, en caso contrario, pueden presentarse defectos (excesiva permeabilidad, por ejemplo) que no resulten debidamente reflejados en el valor de la resistencia.

Como, por otra parte, al fabricar las probetas para los ensayos de laboratorio con arreglo al correspondiente método de ensayo el hormigón resulta perfectamente compactado, la consolidación en obra del hormigón deberá realizarse con igual o mayor intensidad que la utilizada para la fabricación de dichas probetas.

La compactación resulta más difícil, cuando el árido del hormigón encuentra un obstáculo para que sus piedras y granos de arena alcancen la ordenación que corresponde a la máxima compacidad compatible con su granulometría. Por esta causa, el proceso de compactación debe prolongarse junto a los fondos y paramentos de los encofrados y especialmente en los vértices y aristas, hasta eliminar todas las posibles coqueiras.

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

En general, se recomienda el empleo de vibradores, ya que estos aparatos permiten el uso de hormigones con menos agua y dotados, por tanto, de mejores propiedades que los de consistencia adecuada para picado con barra, incluso a igualdad de resistencia mecánica.

Si se emplean vibradores de superficie, estos deberán aplicarse corréndolos con movimiento lento, de tal modo que la superficie quede totalmente húmeda.

Si se emplean vibradores internos, su frecuencia de trabajo no debe ser inferior a seis mil ciclos por minuto. Estos aparatos deben sumergirse rápida y profundamente en la masa, cuidando de retirar la agua con lentitud y a velocidad constante. Cuando se hormigone por tongadas, conviene introducir el vibrador hasta que la punta penetre en la capa subyacente, procurando mantener el aparato vertical o ligeramente inclinado.

Los valores óptimos, tanto de la duración del vibrado como de la distancia entre los sucesivos puntos de inmersión, dependen de la consistencia de la masa, de la forma y dimensiones de la pieza y del tipo de vibrador utilizado, no siendo posible, por tanto, establecer cifras de validez general. Como orientación, se indica que la distancia entre puntos de inmersión debe ser la adecuada para producir, en toda la superficie de la masa vibrada, una humectación brillante, siendo preferible vibrar en muchos puntos por poco tiempo a vibrar en pocos puntos más prolongadamente.

Si se emplean vibradores unidos a los moldes o encofrados, tales aparatos deberán sujetarse firmemente y distribuirse en forma adecuada para que su efecto se extienda a toda la masa.

16.3. Técnicas especiales: Como en un Reglamento de carácter general no es posible dar prescripciones para todos los casos, la Instrucción remite a las normas de buena práctica cuando se trata de técnicas especiales: lo que es lógico además, por encontrarse estas técnicas en evolución continua.

#### Artículo 17. Juntas de hormigonado.

En el apartado 4.4 de esta Instrucción, se hace referencia a las juntas de hormigonado, en relación con los documentos del proyecto.

Se han obtenido buenos resultados mediante la impregnación de juntas con ciertos productos sintéticos, como, por ejemplo, algunas resinas epoxi.

Respecto al contacto entre hormigones fabricados con distintos tipos de conglomerante que sean incompatibles entre sí, conviene llamar la atención sobre diversos puntos.

a) En lo que se refiere al hormigón, se recomienda evitar el contacto de masas fraguadas y endurecidas, hechas con cementos de distintos tipos, sobre todo si uno de los hormigones contiene componentes nocivos para el otro, y existe la posibilidad de acceso de humedad a la zona de contacto entre ambos.

Más o menos diferida, puede tener lugar entonces la desintegración de uno de los cementos por reacciones con cambio de volumen. Tal puede ocurrir entre hormigones de cemento siderúrgico sobresulfatado y de cemento portland cuando el agua (del subsuelo, por ejemplo) se satura del sulfato cálcico del primero y penetra en la masa del segundo. Tal puede suceder también entre hormigones de cemento aluminoso y de cemento portland, sobre todo si el segundo es rico en álcalis.

Un caso real de lo expuesto puede ser el de una zapata de cimentación hecha de hormigón con cemento sulfosiderúrgico o aluminoso (precisamente para resistir los posibles ataques de un terreno yesífero), de la cual arrancan elementos estructurales hechos con cemento portland.

b) En lo que se refiere al acero, se recomienda evitar la presencia de una misma armadura recubierta por hormigones ya fraguados y endurecidos, hechas con cementos de distintos tipos, por el peligro de corrosión a que aquella puede estar sometida, en virtud de la heterogeneidad del medio que la rodea.

Este peligro es mayor, y la corrosión puede llegar a ser muy fuerte, si próxima a las armaduras y paralelas a ellas hay tendidas líneas eléctricas. La posibilidad de corrientes derivadas implica entonces un riesgo de corrosión electroquímica, mucho más intensa y acelerada que la puramente química.

La situación puede agravarse aún más en un medio (agua o suelo) salino capaz de aportar cloruros si éstos llegan a penetrar en el hormigón y entran en contacto con las armaduras.

Para casos como los mencionados, se aconseja recurrir a la bibliografía sobre el tema o al dictamen de especialistas idóneos. En el artículo 22 de esta Instrucción y su correspondiente comentario, así como en el anejo 3, se hace referencia a diversos puntos relacionados con la incompatibilidad de conglomerantes.

#### Artículo 18. Hormigonado en tiempo frío o caluroso.

18.1. Hormigonado en tiempo frío. A título indicativo cabe señalar que el hecho de que la temperatura registrada a las nueve de la mañana (hora solar) sea inferior a + 4°C puede interpretarse como señal de que la temperatura bajará probablemente a 0°C, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes.

Los efectos de la helada durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón son más o menos perjudiciales según las características de la obra. Esos efectos se atenúan cuando se trata de elementos de gran masa (muros de sostenimiento, macizos de cimentación, etc.), o cuando se protegen las superficies de las piezas mediante sacos u otros recubrimientos aislantes del frío. Por el contrario, los efectos se acentúan tanto más cuanto más baja es la categoría del cemento, más pequeña la dosis de conglomerante empleada y más lento el fraguado y endurecimiento de éste.

Entre las precauciones recomendables para los casos de hormigonado en tiempo frío, figura en primer lugar la de calentar el agua de amasado. En general, basta con hacerlo a una temperatura del orden de 40°C, debiéndose, en tal caso, verter los materiales en la hormigonera, respetando el orden indicado en el comentario al artículo 15 de esta Instrucción, pero con la precaución de echar inicialmente tan sólo una cuarta parte de la dosis de agua que previamente se calentó. Cuando, excepcionalmente, resulte necesario calentar el agua por encima de la temperatura antedicha, se cuidará de alterar el orden de vertido de los materiales en la hormigonera, echando primero el agua y los áridos, con objeto de que el cemento no llegue a estar nunca en contacto con agua a temperatura peligrosamente elevada. Convendrá en estos casos, además, prolongar el tiempo de amasado para conseguir una buena homogeneidad de la masa, sin formación de grumos.

Otras medidas aconsejables son:

- Emplear adiciones o tratamientos que aceleren el endurecimiento del hormigón, siempre que con ello no se perjudiquen sus restantes cualidades (véase artículo 8.º de esta Instrucción);
- prolongar el curado durante el mayor tiempo posible;
- retrasar el desencofrado de las piezas, incluida la retirada de costeros, cuando el encofrado sirva de aislante térmico del hormigón, como ocurre con los encofrados de madera;

— registrar las temperaturas extremas del ambiente, no sólo con el fin de prever las heladas y conocer su duración, sino también a efectos de desencofrado y descimbramiento (véase artículo 20 de esta Instrucción y su correspondiente comentario).

Por último, debe advertirse que, independientemente de todo lo comentado hasta ahora, que se refiere a los casos de tiempo frío durante el hormigonado, existe también el peligro de heladas en épocas posteriores. Sobre este punto puede consultarse el comentario al apartado 22.1 de esta Instrucción.

18.2. Hormigonado en tiempo caluroso: La Dirección de obra deberá indicar las medidas que procede adoptar en cada caso, para impedir la evaporación del agua de amasado durante el transporte del hormigón.

En presencia de temperaturas elevadas, será necesario mantener permanentemente húmedas las superficies de hormigón, durante diez días por lo menos, o tomar otras precauciones especiales aprobadas por la Dirección de obra, para evitar la desecación de la masa durante su fraguado y primer endurecimiento.

#### Artículo 19. Curado del hormigón.

De las distintas operaciones necesarias para la ejecución de un elemento de hormigón, el proceso de curado es una de las más importantes por su influencia decisiva en la resistencia y demás cualidades del hormigón resultante.

Como término medio, resulta conveniente prolongar el proceso de curado durante siete días, debiendo aumentarse este plazo cuando se utilicen cementos de endurecimiento lento o en ambientes secos y calurosos. Cuando las superficies de las piezas hayan de estar en contacto con aguas o filtraciones salinas alcalinas o sulfatadas, es conveniente aumentar el citado plazo de siete días en un 50 por 100, por lo menos.

Un buen procedimiento de curado consiste en cubrir el hormigón con sacos arena, paja u otros materiales análogos y mantenerlos húmedos mediante riegos frecuentes. En estos casos, debe prestarse la máxima atención a que esos materiales estén exentos de sales solubles, materia orgánica (restos de azúcar en los sacos, paja en descomposición, etc.), u otras sustancias que, disueltas y arrastradas por el agua de curado, puedan alterar el fraguado y primer endurecimiento de la superficie del hormigón.

Respecto al empleo de agua de mar, debe tenerse en cuenta lo establecido en el comentario al artículo 6.º de esta Instrucción.

Para los casos de empleo de técnicas especiales (curado al vapor, por ejemplo), la Instrucción remite a las normas de buena práctica de tales técnicas, por tratarse de procesos en evolución continua, para los que es difícil dar reglas generales.

#### Artículo 20. Desencofrado y descimbramiento.

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

$$j = \frac{400}{\left(\frac{Q}{G} + 0.5\right) (T + 10)}$$

En la que:

$j$  = número de días;

$T$  = temperatura media, en grados centígrados, de las máximas y mínimas diarias durante los  $j$  días;

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

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

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

En la operación de desencofrado, es norma de buena práctica mantener los fondos de vigas y elementos análogos, durante doce horas, despegados del hormigón y a unos dos o tres centímetros del mismo, para evitar los perjuicios que pudiera ocasionar la rotura, instantánea o no, de una de estas piezas al caer desde gran altura.

Igualmente útil resulta a menudo la medición de flechas durante el descimbramiento de ciertos elementos, como índice para decidir si debe o no continuarse la operación e incluso si conviene o no disponer ensayos de carga de la estructura.

Se llama la atención sobre el hecho de que, en hormigones jóvenes, no sólo su resistencia, sino también su módulo de deformación, presenta un valor reducido; lo que tiene una gran influencia en las posibles deformaciones resultantes.

#### Artículo 21. Observaciones generales respecto a la ejecución.

21.1. Acciones mecánicas durante la ejecución: La actuación prematura de cargas, estáticas o dinámicas, de valor excesivo puede originar daños de diversa índole que se reflejan, normalmente, en una fisuración o deformación inadmisibles de los elementos ya hormigonados y que es imprescindible evitar. La acumulación de materiales (acopio de ladrillos en forjados de edificación, por ejemplo) y la trepidación originada por ciertas máquinas auxiliares de obra, son dos de las causas que pueden provocar tales daños en aquellos elementos sobre los que actúan directamente esas cargas, especialmente si dichos elementos no han alcanzado aún su resistencia prevista.

21.2. Adecuación del proceso constructivo al proyecto.

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

22.1. Generalidades: Debe advertirse que, independientemente de los casos de hormigonado en tiempo frío indicados en el apartado 18.1, existe también el peligro de heladas en épocas posteriores. Frente a ellas el hormigón ya endurecido se comporta como un material pétreo cualquiera, siendo su menor o mayor capacidad de absorción de agua la causa determinante de su mejor o peor comportamiento.

En previsión de los perjuicios que puedan ocasionar tales heladas, conviene emplear adiciones que produzcan oclusión de aire en el hormigón, preferentemente las de función mixta aireante-plastificante. Sin embargo, hay que tener en cuenta que para su utilización, que puede resultar peligrosa si la obra es de ejecución poco cuidada, se exige la realización de ensayos previos (véase artículo 6.º de esta Instrucción), empleando el mismo cemento elegido para la obra.

Las aguas puras como las de lluvia, nieve y algunos manantiales de montaña disuelven la cal libre del hormigón, debido especialmente a su alto contenido en anhídrido carbónico.

Por último, este artículo es de aplicación en aquellos casos en que el hormigón se encuentra en contacto con un medio químicamente agresivo (atmósfera, agua y líquido en general, suelo o cualquier sustancia).

22.2. Durabilidad del hormigón: En la protección frente a los agentes químicos agresivos, las medidas preventivas suelen ser las más eficaces y menos costosas. Por ello, la durabilidad es una cualidad que debe ya tenerse en cuenta durante la realización del proyecto, estudiando la naturaleza e intensidad potencial previsible del medio agresivo y eligiendo los materiales, dosificaciones y procedimientos de puesta en obras más adecuados en cada caso.

Entre las muchas variables que influyen en los fenómenos de carácter agresivo, la compacidad del hormigón es una de las más importantes y todo lo que se haga por aumentarla redundará en una mayor durabilidad del elemento correspondiente.

Por otra parte, la elección del tipo, clase y categoría del cemento o cementos que vayan a emplearse es otro extremo con repercusión directa en la durabilidad del hormigón. A este efecto se recomienda consultar el anexo 3 de esta Instrucción. En cuanto al empleo de aditivos, convendrá evitar los que contengan cloruro cálcico, cuya utilización entraña una aportación de sales generalmente peligrosas.

Por último, se reseñan a continuación las sustancias que, de un modo genérico, poseen carácter agresivo para el hormigón:

a) Cases que posean clor amoniacal o que, por su carácter ácido, enrojecen el papel azul de tornasol humedecido con agua destilada.

b) Líquidos que desprendan burbujas gaseosas, posean olor nauseabundo, dejen residuos cristalinos o terrosos al evaporarlos o que por su carácter ácido enrojecen el papel azul de tornasol; aguas muy puras o de alta montaña y aceites vegetales.

c) Tierras o suelos con humus o sales cristalizadas; sólidos secos o húmedos cuyas dispersiones acuosas enrojecen el papel azul de tornasol.

23.3. Corrosión de las armaduras: El hormigón, en general, y el de cemento Portland en particular, es un medio alcalino, protector de las armaduras contra la corrosión. Pero si por una circunstancia cualquiera (penetración de agua, disoluciones ácidas o gases húmedos ácidos) la alcalinidad disminuye, la protección puede peligrar e incluso anularse. En tales condiciones,

la presencia de aniones salinos y en particular la de cloruros, puede producir una fuerte corrosión de las armaduras.

Los productos de la corrosión (herrumbre), por las condiciones de su formación y por su naturaleza, en ningún caso pueden servir de protección a las armaduras, por lo que el fenómeno corrosivo, una vez iniciado, progresa de manera continua si persiste la causa que lo originó. Por otra parte, los productos de la corrosión se forman con carácter expansivo, desarrollando grandes presiones que provocan la fisuración y el agrietamiento del hormigón junto a las armaduras y abren nuevos cauces a los agentes agresivos.

De aquí la gran importancia que tienen la compacidad y las recubrimientos en la protección de las armaduras del hormigón.

La corrosión química ocasionada por las sustancias ácidas y salinas puede ser notablemente acelerada e intensificada por la superposición de fenómenos electroquímicos debidos a corrientes vagabundas o derivadas, como ocurre, por ejemplo, en el caso de existir conducciones eléctricas, incluidas o no en la masa del hormigón, que corran paralelas y próximas a las armaduras principales (véase comentario al artículo 17 de esta Instrucción).

A efectos de protección de las armaduras contra posibles peligros de corrosión de uno u otro tipo, deben tenerse en cuenta los hechos siguientes:

1.º La corrosión, como fenómeno cuya ocurrencia es aleatoria, está regida por las leyes de la probabilidad y, en consecuencia, implica siempre un riesgo.

2.º Una eficaz garantía contra este riesgo consiste en la observancia de las indicaciones y recomendaciones anteriormente hechas.

3.º La corrosión de las armaduras, como la de cualquier estructura metálica, puede combatirse más fácil y económicamente si se prevé por anticipado. En cambio, una vez comenzada, sus efectos son imposibles o muy difíciles de evitar, y siempre a un costo elevado.

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

CAPITULO IV

BASES DE CÁLCULO

Artículo 23. Proceso general de cálculo.

En la presente Instrucción se dan los criterios para desarrollar los cálculos correspondientes a los diferentes estados límites para las estructuras de hormigón armado.

Aunque el criterio general de comprobación indicado en el articulado consiste en la verificación de la condición  $R_u \geq S_d$ , no siempre es posible, en el estado actual de la técnica, o no siempre resulta práctico, la deducción directa de  $R_u$  y de  $S_d$ . Para tales casos, se dan en esta Instrucción criterios que permiten dimensionar los diferentes elementos de la estructura, en relación con el estado límite de estudio, de forma que la desigualdad  $R_u \geq S_d$  queda cumplida en cualquier caso. Tal ocurre, por ejemplo, con el estado límite de anclaje, para el que en lugar de calcular la carga de deslizamiento  $R_u$  de un determinado anclaje de una armadura, y compararla con la carga  $S_d$  que las acciones exteriores van a ejercer sobre tal anclaje, se dan en el articulado correspondiente expresiones que permiten dimensionarlos de forma que sean capaces de resistir sin deslizamientos perjudiciales la carga correspondiente a la resistencia de las armaduras que han de anclar, teniendo en cuenta los coeficientes prescritos de ponderación de cargas y de resistencias.

Los daños que se ocasionarían si se alcanzase uno de los estados límites últimos indicados en el presente artículo son siempre muy graves, sobre todo teniendo en cuenta la posibilidad de pérdida de vidas humanas que ello entraña. En consecuencia, los coeficientes de ponderación de cargas y de minoración de resistencias que se prescriben más adelante son elevados, con objeto de reducir a un mínimo aceptable la probabilidad de que en la realidad sea alcanzado uno de tales estados límites.

Dado que, en el caso de alcanzarse uno de los estados límites de servicio reseñados, los daños que se producen son, en general, reparables y no afectan a vidas humanas, los márgenes de seguridad adoptados para estas comprobaciones son menores que los utilizados en el estudio de los estados límites últimos.

Artículo 24. Coeficientes de seguridad.

a) Estados límites últimos.

La aplicación de los criterios establecidos en el artículo conduce a los valores del cuadro 24.3 para los estados límites últimos.

Los valores de los incrementos de los coeficientes de seguridad, en función del nivel de control, se han fijado con el criterio de que, al reducirse los niveles de control de los materiales y la ejecución, se incrementen correlativamente los valores de los coeficientes  $\gamma_s$ ,  $\gamma_c$ ,  $\gamma_f$ , de forma que la seguridad final se mantenga aproximadamente constante.

La necesidad de que figuren en los planos los valores de los coeficientes de seguridad y de los niveles de control decididos

CUADRO 24.3

		$\gamma_s$	$\gamma_c$	$\gamma_f$		
Control del acero	Sistemático.	1,1		DAÑOS MÍNIMOS Y EXCLUSIVAMENTE MATERIALES (1).	DAÑOS MEDIOS (2)	DAÑOS MUY IMPORTANTES (3).
	No sistemático.	1,15				
	Sin ensayos.	1,2				
Control del hormigón	Sistemático en prefabricación industrial.		1,4			
	Mediante probetas en obra.		1,5			
	Sin rotura de probetas.		1,7			
Control de la ejecución	INTENSO.			1,4	1,5	1,7
	NORMAL.			1,5	1,6	1,8
	REDUCIDO.			1,7	1,8	—

(1) Silos, acequias, obras provisionales, etc.  
 (2) Puentes, edificios, etc., de tipo ordinario.  
 (3) Teatros, tribunas, grandes edificios comerciales, etc.

por el proyectista es evidente. Lo contrario conduciría a que una estructura, proyectada para un cierto nivel de seguridad fijado por el proyectista, tendría en la práctica diferentes niveles de seguridad según los diferentes niveles de control que pudieran adoptarse durante la construcción.

Cuando la importancia de la obra lo justifique, podrán corregirse los valores consignados en los coeficientes de seguridad, previos los estudios oportunos, de acuerdo con el criterio de que la probabilidad de hundimiento resultante para la obra proporcione un coste generalizado mínimo de la misma, entendiéndose por coste generalizado el que se obtiene sumando:

- El coste inicial de la obra;
- El coste de su mantenimiento y conservación durante su vida de servicio;
- El producto de la probabilidad de hundimiento por la suma del coste de reconstrucción más la cuantía de los daños y perjuicios que pudiera causar aquél.

#### b) Estados límites de servicio.

En servicio, lo que interesa conocer es la respuesta de la estructura bajo las acciones reales, que viene determinada por las características reales de los materiales. Por ello, en este caso se adopta

$$\gamma_s = \gamma_c = \gamma_f = 1$$

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

Una vez clasificadas las acciones con arreglo a lo indicado en el artículo 24 de esta Instrucción, las tres hipótesis de carga prescritas en el articulado pueden expresarse del siguiente modo:

Hipótesis I	$\gamma_f G_1 + 0,9 G_2 + \gamma_f Q$
Hipótesis II	$0,9 (\gamma_f G_1 + 0,9 G_2 + \gamma_f Q) + 0,9 \gamma_f W$
Hipótesis III	$0,8 (\gamma_f G_1 + 0,9 G_2 + \gamma_f Q) + 1,1 E + \gamma_{re} W$

En las expresiones anteriores  $G_1$  representa los conjuntos de cargas permanentes del mismo origen que actúan sobre la estructura, cuyo efecto resultante en la sección o elemento que estudia es desfavorable;  $G_2$  los conjuntos de cargas permanentes del mismo origen cuyo efecto resultante es favorable. Por otra parte en  $Q$  hay que incluir exclusivamente las cargas variables cuyo efecto es desfavorable, según se indica en el articulado.

Dichas cargas  $Q$  deberán ir afectadas del correspondiente coeficiente de impacto, si tal es el caso.

#### Artículo 26. Comprobaciones que deben realizarse.

Debe advertirse que la hipótesis de carga más desfavorable que corresponde a cada estado límite en estudio será, en general, distinta para cada uno de ellos.

### CAPITULO V

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

#### Artículo 27. Características del acero.

27.1. Diagramas tensión-deformación del acero: El conocimiento del diagrama característico del acero permite dimensionar las secciones sometidas a sollicitaciones normales (flexión, compresión) con mayor precisión y economía que si sólo se conoce el valor del límite elástico. Se recomienda, por ello, que los fabricantes de acero establezcan y garanticen este diagrama para cada uno de los tipos que suministren, con objeto de poderlos tipificar como diagramas de proyecto.

Para establecer el diagrama y comprobarlo con ensayos de recepción se admite que es suficiente determinar las tensiones que corresponden a las siguientes deformaciones: 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,008, 0,008 y 0,01.

27.2. Resistencia de cálculo del acero: Se recuerda que en piezas sometidas a compresión simple la deformación de rotura del hormigón toma el valor 2 por 1.000 (ver apartado 32.2), lo que limita la resistencia de cálculo aprovechable para el acero al valor 4.200 kp/cm<sup>2</sup>.

Se recuerda que en piezas sometidas a compresión simple, la deformación de rotura del hormigón toma el valor 2 por 1.000 (ver apartado 32.2), lo que limita la resistencia de cálculo para el acero al valor de la tensión correspondiente a dicha deformación, en el diagrama del acero empleado (para el acero de dureza natural 4.200 kp/cm<sup>2</sup>).

#### 27.3 Diagrama de cálculo tensión-deformación del acero:

La deformación del acero en tracción se limita el valor 10 por 1.000 y la de compresión al valor 3,5 por 1.000, de acuerdo con lo indicada en el apartado 32.2.

Cuando se emplea el método del momento fope (artículo 33) puede utilizarse como diagrama de cálculo del acero el simplificado de la figura 27.3.a, limitando superiormente  $f_{yd}$  al valor 4.000 kp/cm<sup>2</sup>.

#### Artículo 28. Características del hormigón.

28.1. Definiciones: Las definiciones dadas se establecen teniendo en cuenta que:

- La resistencia del hormigón colocado en obra es una variable aleatoria con función de distribución, en general, desconocida.
- La resistencia especificada establece una condición de aceptabilidad del hormigón de obra referido al cuantil del 5 por 100 en su distribución de resistencia.
- Al ser desconocida tal distribución también lo serán sus parámetros, y en particular la resistencia característica real de obra. Se hace preciso estimarlos a partir de un número finito de ensayos sobre muestras enmoldadas en obra. La estimación del valor correspondiente al cuantil del 5 por 100 es lo que se denomina resistencia característica estimada o simplemente resistencia característica.

Las definiciones dadas en el articulado son válidas cualquiera que sea la distribución de resistencias. En el caso de distribuciones gaussianas (y así puede suponerse que se distribuyen las resistencias de un hormigón, con aproximación suficiente), la resistencia característica real de obra viene dada por la expresión:

$$\text{Resistencia característica real} = f_{cm} (1 - 1,64 \delta)$$

donde

$f_{cm}$  es la resistencia media, y  
 $\delta$  el coeficiente de variación de la población.

Esta definición equivale a decir que existe una probabilidad del 5 por 100 de que el hormigón rompa con una tensión inferior a su resistencia característica real.

- El criterio de aceptación de un volumen de hormigón colocado en obra consistirá en comprobar que la resistencia característica estimada es igual o superior a la de proyecto.

28.2. Tipificación de la resistencia del proyecto: De acuerdo con el apartado 10.5 de esta Instrucción, los tipos de hormigón H-50 y H-100 sólo podrán utilizarse en obras de hormigón en masa.

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

28.3. Resistencia mínima del hormigón en función de la del acero: La condición exigida en el articulado significa que los aceros AE 42 a AE 50 requieren como mínimo un hormigón H-150 y el acero AE 60 requiere como mínimo un hormigón H-175.

28.4. Diagramas tensión-deformación del hormigón: Puede considerarse, a título puramente cualitativo, que los diagramas unitarios tensión-deformación del hormigón adoptan las formas siguientes (figuras 28.4.a y 28.4.b).

28.5. Resistencia de cálculo del hormigón: Los valores de cálculo establecidos suponen que la carga total no actúa antes de los veintiocho días. En caso contrario, esa circunstancia deberá tenerse en cuenta de un modo estimativo, pudiendo utilizarse al efecto los valores dados en el cuadro II del comentario al apartado 10.4 de esta Instrucción.

La reducción del 10 por 100 ha sido comprobada experimentalmente y se debe a la desigual compactación de la masa a todo lo alto del elemento. Por comodidad de cálculo esta reducción del 10 por 100, en lugar de realizarse con el valor característico, se toma con el valor de cálculo (véase apartado 28.5).

28.6. Diagrama de cálculo tensión-deformación del hormigón.

28.7. Módulo de deformación longitudinal del hormigón: El módulo de deformación longitudinal secante del hormigón es

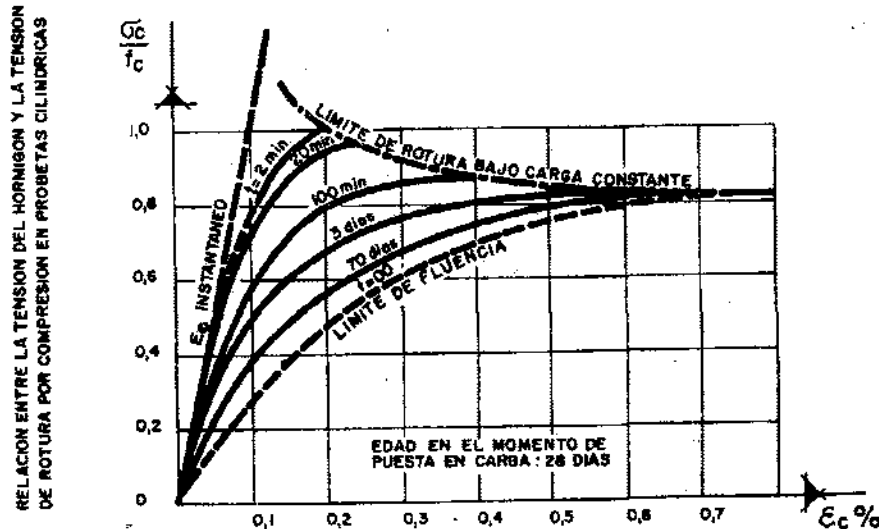


Figura 28.4.a

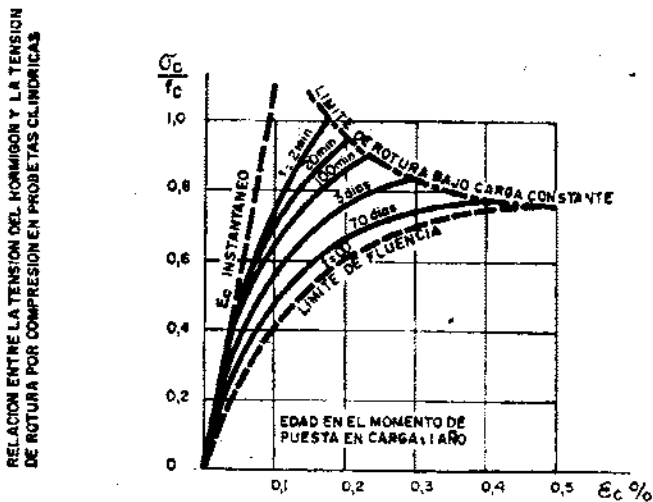


Figura 28.4.b

el cociente entre la tensión aplicada y la deformación elástica correspondiente. Dicho cociente es prácticamente constante (especialmente después de un primer ciclo de carga-descarga), siempre que las tensiones no sobrepasen el valor  $0,3 f_c$ .

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

Como puede verse en los diagramas del comentario al apartado 28.4, el valor del módulo de deformación disminuye a medida que aumenta el tiempo de duración de la carga, a causa de la influencia, cada vez más acusada, de los fenómenos de deformación diferida. De ahí las distintas fórmulas que se dan en el articulado, en función del tipo de carga y de la naturaleza, seca o húmeda, del ambiente.

28.8. Retracción del hormigón: Las variables citadas en el articulado pueden tenerse en cuenta del modo que a continuación se indica:

1.º El valor  $\epsilon_1$  de la retracción de un elemento de hormigón en masa, desde el momento de su acabado hasta el instante  $t$ , viene dado por:

$$\epsilon_1 = \beta_1 \cdot \epsilon_0$$

donde:

$\epsilon_0$  es el valor medio dado en la tabla 28.8.1.

$\beta_1$  es un coeficiente que refleja la evolución en el tiempo, dado en el gráfico de la figura 28.8.1.

2.º Las curvas de la figura 28.8.1 corresponden a distintos espesores ficticios de la pieza,  $e$ , que se calculan mediante la expresión:

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

siendo:

$\alpha$  el coeficiente dado en la tabla 28.8.1.

$A$  el área de la sección transversal del elemento.

$u$  el perímetro de la sección transversal que está en contacto con la atmósfera.

TABLA 28.8.1. VALOR MEDIO  $\epsilon_0$  DE LA RETRACCION Y VALOR DEL COEFICIENTE  $\alpha$

Ambiente	Humedad relativa aproximada %	$\epsilon_0$	$\alpha$
En el agua .....	100	$+ 10 \cdot 10^{-5}$	30
En atmósfera muy húmeda.	90	$- 10 \cdot 10^{-5}$	5
En ambiente medio .....	70	$- 25 \cdot 10^{-5}$	1,5
En atmósfera seca .....	40	$- 40 \cdot 10^{-5}$	1,0

Si una de las dimensiones de la sección es muy grande con respecto a la otra, el espesor ficticio (abstracción hecha del coeficiente corrector por ambiente  $\alpha$ ) coincide sensiblemente con el real.

3.º En el eje de abscisas del gráfico de la figura 28.8.1 aparece la edad teórica del hormigón en días  $t$ . Si el hormigón está sometido a temperaturas normales, la edad teórica coincide con la real. Si no es así, se tomará como edad teórica  $t$  la dada por la expresión:

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

donde:

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

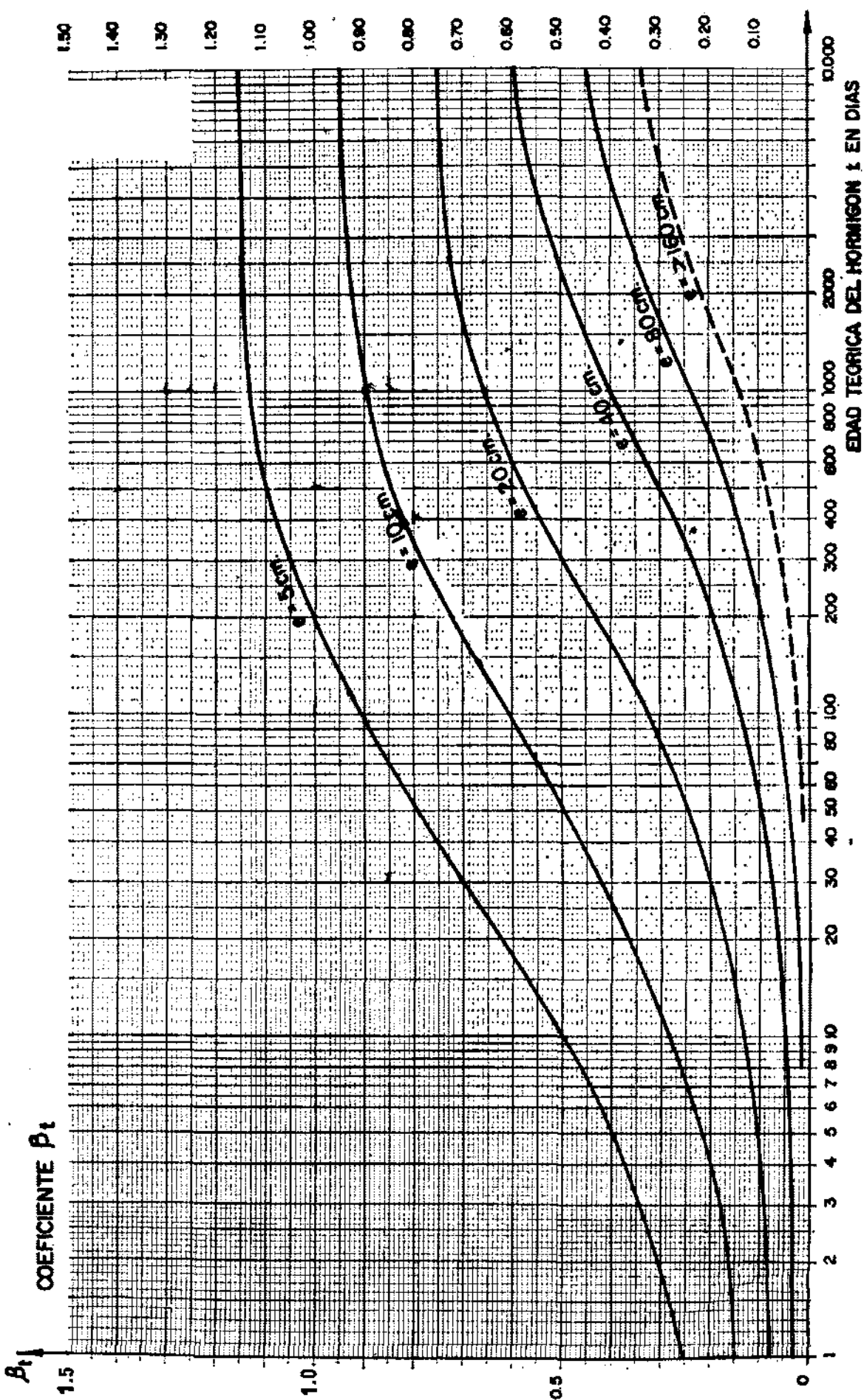


Figura 28.8.1

(Continuad.)