

Instrucción para el proyecto de obras de hormigón.

Autorizados por la Superioridad, publicamos esta interesante disposición ministerial, que concluirá en el número próximo, y de la cual editaremos una separata en formato adecuado para su manejo, que habrá de ser indispensable para los proyectistas y constructores de obras de hormigón armado.

Aprobada por Orden ministerial de 3 de febrero de 1939 la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón redactada por este Ministerio, se expresó la necesidad de hacer una revisión cuando, transcurridos más de dos años, se tuviera una suficiente adaptación de los métodos y leyes dictadas en aquélla por estudio que de un modo continuado realizara la Comisión nombrada al efecto por Orden ministerial de 26 de enero de 1942, compuesta por los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos D. Eduardo Torroja Miret, D. Ramón Iribarren Cavanilles, D. Luis Aldaz Muguiró y D. Jesús Iribas de Miguel.

Hecho el estudio de las materias contenidas en la Instrucción, se han introducido variaciones en algunos artículos, principalmente en lo que afecta al empleo de constantes físicas, sujetas a experimentación y a precisión en los elementos de cálculo.

Como consecuencia de este minucioso examen, este Ministerio se ha servido aprobar la referida Instrucción, que regirá como definitiva, publicándose a continuación de esta Orden, así como el anejo de la misma.

CAPÍTULO PRIMERO

Disposiciones generales.

Artículo 1.º *Campo de aplicación de la Instrucción.* Se refiere la presente Instrucción a las construcciones de hormigón fabricado con piedras, arenas y cualquiera de los aglomerantes hidráulicos definidos en el Pliego de Condiciones vigente para los mismos (1), bien sean de hormigón en masa, bien con armaduras de acero, siempre que ambos materiales sean utilizados por sus propiedades físicas conjuntamente para transmitir y absorber las tensiones internas del sólido común, constituyendo el material denominado hormigón armado.

En las construcciones en que intervengan otros materiales, es también aplicable esta Instrucción a los elementos de hormigón en masa o armado; pero no se refiere a los de hormigones especiales, tales como centrifugados, porosos, celulares o compuestos con amiantos, serrines u otras sustancias.

Art. 2.º *Vigencia de la Instrucción.*—Esta Instrucción regirá a partir de los tres meses de la fecha de su publicación.

Art. 3.º *Casos de aplicación obligatoria de la Instrucción.*—Es obligatoria esta Instrucción en todas las obras públicas que define la Ley general de Obras Públicas de 13 de abril de 1877, ya se realicen por administración, ya por contrata.

Art. 4.º *Intervención facultativa.*—Los proyectos de toda obra pública de hormigón se redactarán por un facultativo, autorizado para ello en España.

Toda obra pública habrá de ser dirigida e inspeccionada o, cuando menos, inspeccionada, por un facultativo legalmente autorizado para ello en España, el cual estará obligado al cumplimiento de las prescripciones de esta Instrucción, considerándose, en caso de accidente, como agravante de su responsabilidad el incumplimiento de la misma.

Art. 5.º *Servicios de información local.*—Las Jefaturas de los distintos servicios de Obras Públicas realizarán, con sujeción a esta Instrucción y a las reglas que dicten las respectivas Direcciones Generales de Caminos, Obras Hidráulicas, Ferrocarriles y Puertos, estudios de hormigones, empleándose los materiales que usualmente se encuentren y utilicen en la construcción en zonas importantes de sus servicios, determinando la resistencia y demás cualidades de los distintos hormigones que puedan obtenerse con ellos, empleando los cementos nacionales de uso corriente.

A petición de particulares o entidades, las Jefaturas de los Servicios de Obras Públicas podrán suministrar copia detallada de las dosificaciones y resultado de los ensayos verificados.

Art. 6.º *Proyectos y obras que no se atengan a esta Instrucción.*—Por el progreso técnico, y por condiciones especiales, podrán ejecutarse obras públicas de hormigón en masa o armado que no se atengan a las normas de la presente Instrucción, siempre que se cumplan las siguientes prescripciones:

a) En la Memoria de estos Proyectos se justificará la conveniencia de las variaciones propuestas, razonando debidamente los principios científicos en que se funda, caso de estar en discordancia con los admitidos en esta Instrucción, y si se trata de fundamentos experimentales se acompañarán pruebas que los garanticen debidamente.

b) El Ministerio de Obras Públicas resolverá sobre la autorización solicitada.

c) El proyecto, la dirección y la inspección de esta clase de obras se ejecutarán por facultativos legalmente autorizados en España.

(1) Aprobado por Real Orden de 25 de febrero de 1930, y demás disposiciones vigentes.

CAPITULO II

De los materiales.

Art. 7.º *Cemento*.—El cemento cumplirá las condiciones del Pliego vigente para la recepción de aglomerantes hidráulicos (1).

Se recomienda que en los documentos de origen figure la fecha de molido y su finura, la composición química aproximada, las resistencias mecánicas y cuantas características juzgue interesantes el fabricante. En los cementos compuestos (2) se indicará la proporción de los elementos que lo integran y características de los componentes.

Con el fin de efectuar las pruebas, ensayos y análisis previstos en la presente Instrucción y en el citado Pliego de recepción de aglomerantes hidráulicos, se entregarán por separado las muestras que fueren precisas de los elementos constitutivos de los aglomerantes hidráulicos compuestos.

El cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fué expedido de fábrica y se almacenará en sitio ventilado, defendido de la intemperie y de la humedad del suelo o de las paredes, particularmente después de realizados los ensayos que se indican a continuación.

Salvo garantía especial de la calidad del cemento, se probará, dentro del mes anterior al empleo de cada partida, el período de fraguado, la estabilidad de volumen y la resistencia a los siete días a tracción y a compresión (o a los dos, si se trata de supercemento, y a las veinticuatro horas si es aluminoso), con arreglo a las prescripciones del antedicho Pliego.

Art. 8.º *Agua*.—El agua de amasado y curado no contendrá sustancias perjudiciales en cantidad suficiente para alterar el fraguado ni disminuir con el tiempo las condiciones útiles exigidas al hormigón.

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que por sus caracteres físicos y químicos sean potables.

Las aguas no potables se analizarán, rechazando todas aquellas que no cumplan las condiciones del párrafo primero de este artículo y, en particular, las que rebasen los límites siguientes, salvo que se haga un estudio especial de la resistencia del cemento empleado, bajo la acción de las mismas:

Anhidrido sulfúrico	0,3	gramos por litro.
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0,030	— —
Sulfuros expresados en azufre ...	0,5	— —
Hidratos de carbono en cualquier cantidad.		
pH (grado de acidez) inferior a seis o superior a ocho.		
Cloruros expresados en cloruro sódico para obras de hormigón armado.....	10	— —

Podrá, sin embargo, emplearse agua de mar para hormigones corrientes que no vayan armados.

(1) Aprobado por Real Orden de 20 de junio de 1928, y Orden de 10 de noviembre de 1930.

(2) Formados de cemento y una adición activa o inerte, finamente pulverizados.

Art. 9.º *Áridos*.—Como áridos para la fabricación de morteros y hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas suficientemente resistentes, trituradas, u otros productos que por su naturaleza, resistencia y diversos tamaños reúnan las condiciones siguientes:

El material de que procede el árido ha de tener, en igual o superior grado, las cualidades que se exijan para el hormigón con él fabricado.

Si se necesita comprobar estas cualidades y no es posible hacerlo directamente, se hará la comprobación fabricando probetas de hormigón con el árido de que se trate.

En el caso de que para aumentar la compacidad u otras propiedades físicas se considere necesario añadir materias extrañas a las arenas, las materias que se agreguen para la formación de morteros y hormigones deben estar exentas de productos químicos que alteren el fraguado y la resistencia intrínseca de la parte de cemento. Asimismo deben ser inertes desde el punto de vista de ataque a las armaduras.

El árido no será descomponible por los agentes y condiciones exteriores a que haya de estar sometida la obra.

Estarán exentos de sustancias perjudiciales, de forma que, mezclado con un volumen de agua igual al suyo aparente, durante veinticuatro horas, presente el agua menos de 0,03 gramos de anhídrido sulfúrico (SO₃) y menos de 0,1 gramos de cloruros expresados en CIN en 100 c. c.

No contendrán materia orgánica en cantidad superior al límite que establece el artículo 4.º del Anejo de ensayos.

No contendrán más de un tres por ciento en volumen de cuerpos extraños inertes de peor calidad que la exigida al árido.

Deben considerarse como nocivas, y, por tanto, se proscriben, las sustancias siguientes:

a) Limo, arcilla y materia análoga. Cuando están finamente divididas no son, en general, peligrosas a este efecto, y procede aceptarlas en la arena y en la grava cuando la proporción no exceda del tres por ciento del peso total del árido.

b) Los carbones, sobre todo los lignitos.

c) Las escorias de hornos altos y las demás sustancias que procedan de estos hornos.

d) Productos que contengan combinaciones de azufre análogas a los residuos de combustión de calderas. Las materias de adición, caso de emplearlas, serán resistentes a las acciones atmosféricas.

En los elementos de construcción que estén expuestos a temperaturas elevadas (conducciones de humo, chimeneas, etc.), se recomienda utilizar agregados cuyos coeficientes de dilatación sean pequeños.

Se proscriben los áridos muy alargados o en lajas.

El tamaño máximo del árido no será superior al cuarto del ancho o espesor mínimo de la obra o elemento en que se va a emplear, y no contendrá más de un diez por ciento de elementos más gruesos que la separación entre barras.

Art. 10. *Armaduras*.—Las barras que constituyen armaduras para el hormigón serán de acero, con las condiciones que se marcan a continuación:

El alargamiento mínimo no será en ningún caso inferior

inferior al diez por ciento, y el límite elástico aparente será inferior al ochenta por ciento de la tensión de rotura, estimándose, para los efectos de cálculo, únicamente este límite si es superior.

Las barras no presentarán grietas, sopladuras ni mermas de sección superiores al cinco por ciento.

Los lingotes serán despuntados después del desbaste en la laminación en un quince por ciento por la parte superior y en un cinco por ciento por la parte inferior, o más si fuere preciso, para eliminar totalmente el rechupe.

No será necesario practicar ensayos del material en las obras, bastando para las de carácter público la constancia de un certificado de laboratorio oficial. En obra se realizará siempre el ensayo de plegado, comprobando que no se aprecian fisuras ni pelos aparentes al doblar la barra a ciento ochenta grados sobre otra de diámetro igual al de la propia barra multiplicado por los cinco decavos de la tensión de límite elástico aparente en toneladas por centímetro cuadrado. (Para el acero corriente, igual al diámetro de la barra.)

Aunque no sea preceptivo, y como base de conocimiento, se citan las características de los siguientes tipos de aceros corriente y especial con los diámetros de empleo más recomendable.

	Acero corriente	Acero especial
Carga mínima de rotura	36 Kg./mm. ²	50 Kg./cm. ²
Límite elástico aparente mínimo	24 Kg./mm. ²	36 Kg./cm. ²
Alargamiento mínimo...	23 %	18 %

Diámetros: 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35.

Los aceros especiales y de altas resistencias irán marcados con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo.

El acero de las armaduras rígidas cumplirá las condiciones anteriores, y los materiales que entren en los roblones, aparatos metálicos de apoyo, piezas de fundición, etc., cumplirán las prescripciones que para ellos impone la Instrucción de Estructuras Metálicas (Real Orden de 17 de marzo de 1930).

CAPITULO III

De las características y dosificaciones de los hormigones.

Art. 11. *Cualidades del hormigón.*—El hormigón deberá cumplir las condiciones finales de resistencia, absorción, peso específico, desgaste, compacidad, aspecto externo, etc., que se prescriban en el Pliego particular del proyecto, así como las de docilidad o las de consistencia y trabazón impuestas en el mismo.

La resistencia se fijará en el proyecto de modo que se logre obtener los coeficientes de seguridad máximos prescritos en el artículo 29.

Para la absorción se indica como norma aproximada en hormigones armados a la intemperie y hormigones en masa expuestos a las heladas, los límites máximos del cinco al seis por ciento en peso, por inmersión de probeta previamente desecada. (Véase artículo 10, Anejo de ensayos.)

La docilidad o facilidad de trabajo será en todos los casos la necesaria para que, con los métodos de puesta en obra y apisonado que se adopten, desaparezcan las coqueras y refluya la pasta al terminar la operación.

Para conseguir esta finalidad es preciso que el hormigón reúna las debidas condiciones de consistencia y trabazón que permitan su manipulación y puesta en obra, sin que queden huecos o coqueras en su interior y sin que se separen sus diversos elementos constituyentes.

La consistencia del hormigón podrá ser seca, plástica, blanda o fluida. (Véase artículo 9.º, Anejo de ensayos.) Las dos primeras requieren solamente el picado con barra para asegurar el relleno de los huecos.

Se recomienda la consistencia seca para las piezas moldeadas en taller con fuerte compresión, para elementos de gran resistencia convenientemente vibrados y para elementos de poco espesor fuertemente apisonados.

No es, en general, conveniente la consistencia seca para los hormigones armados, aconsejándose, sin embargo, su empleo en aquellos que hayan de ser vibrados.

Se recomienda la consistencia plástica para los macizos de hormigón en masa y para los elementos verticales de hormigón armado, de gran espesor y espaciadas armaduras, siempre que se apisonen eficazmente por capas.

Las consistencias plásticas y blandas son, en general, las más recomendables para el hormigón armado.

No es conveniente la consistencia seca para hormigones con cementos aluminosos, ni las consistencias blanda y fluida para hormigones con supercementos.

Como norma general se recomienda evitar el empleo de la consistencia fluida. Solamente por excepción se puede recurrir a ella para elementos de muy pequeño espesor o de tupida armadura, o si se trata de hormigones de baja calidad vertidos por canaleta.

No deben emplearse hormigones poco trabados. Para conseguir la debida trabazón del hormigón que asegure el que sus diversos elementos no se desintegren durante su transporte o puesta en obra, es preciso que el árido tenga la mayor continuidad posible en gradación de tamaños, que el hormigón sea lo suficientemente rico en cemento, o, en su defecto, que el árido tenga o se le añada la necesaria proporción de finos o polvo, y que no se amase con un exceso de agua.

Art. 12. *Dosificación del hormigón.*—A) Riqueza de aglomerantes y cantidad de agua.

Determinadas en el proyecto las características que debe cumplir el hormigón, puede fijarse su dosificación por los procedimientos siguientes, en orden de preferencia:

a) Por ensayos directos de las condiciones impuestas, hechos sobre las probetas fabricadas con diferentes dosificaciones. La dosificación del cemento en estos ensayos se hará por peso, y lo mismo la de los áridos cuando vaya a emplearse en la obra este método de dosificación.

b) Determinada la resistencia a los veintiocho días por la ecuación de Bolomey:

$$R_{cil.} = \frac{R_m}{3,6} \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right) \quad \text{ó} \quad R_{cúb.} = \frac{R_m}{2,7} \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right);$$

según se refiera a la probeta cilíndrica o cúbica. Siendo

R_m igual a 400 cuando se trata de hormigones normales de cemento Portland, y a 500 ó 540 cuando se trate de emplear supercementos o cementos aluminosos, y siendo

$$\frac{1}{w} = \frac{\text{cemento}}{\text{agua}}$$

el cociente de pesos de ambos componentes.

c) Se pueden aplicar las dosificaciones siguientes cuando no se utilicen los procedimientos a) o b); y en este caso, sólo con carácter ligeramente aproximado, se indican las resistencias probables siguientes:

Dosificación por m.³ de árido que, además de cumplir las condiciones del artículo 9.º, tengan más del 65 por 100 de compacidad.

Tipo	Cemento — Kg.	Agua — Litros	Resistencia en probeta cilíndrica a los 28 días Kg./cm. ²
A	400	210	150
B	350	205	130
C	250	200	85
D	200	193	60

De los tres métodos de dosificación reseñados se considera preferible el a) al b) y éste al c) en igualdad de condiciones de hormigón obtenido.

Caso de emplearse los métodos b) y c) y exigirse otras condiciones además de la resistencia, se comprobarán éstas por ensayo directo.

Se recomienda que la dosificación por metro cúbico de hormigón terminado no sobrepase los 450 kilogramos ni baje de 250 en el hormigón armado, o de 150 para el hormigón en masa.

B) Proporciones del árido.

En las obras en que se requieran hormigones que en el proyecto figuren con tensiones de trabajo superiores a 30 kilogramos por centímetro cuadrado en régimen de compresión y, en general, en todos los hormigones para armar, precisa componer las arenas y gravas para conseguir la conveniente compacidad.

A este efecto se recomienda dosificar el árido por la ley:

$$P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

en la que D es el tamaño máximo de los granos y P el tanto por ciento en peso de granos o cantos menores que d .

Por tamaño máximo del árido D se entiende: el del más pequeño tamiz de la serie que retenga menos del 15 por 100 del peso total del árido, excluyéndose de esta determinación los grandes cantos de dimensiones anormales.

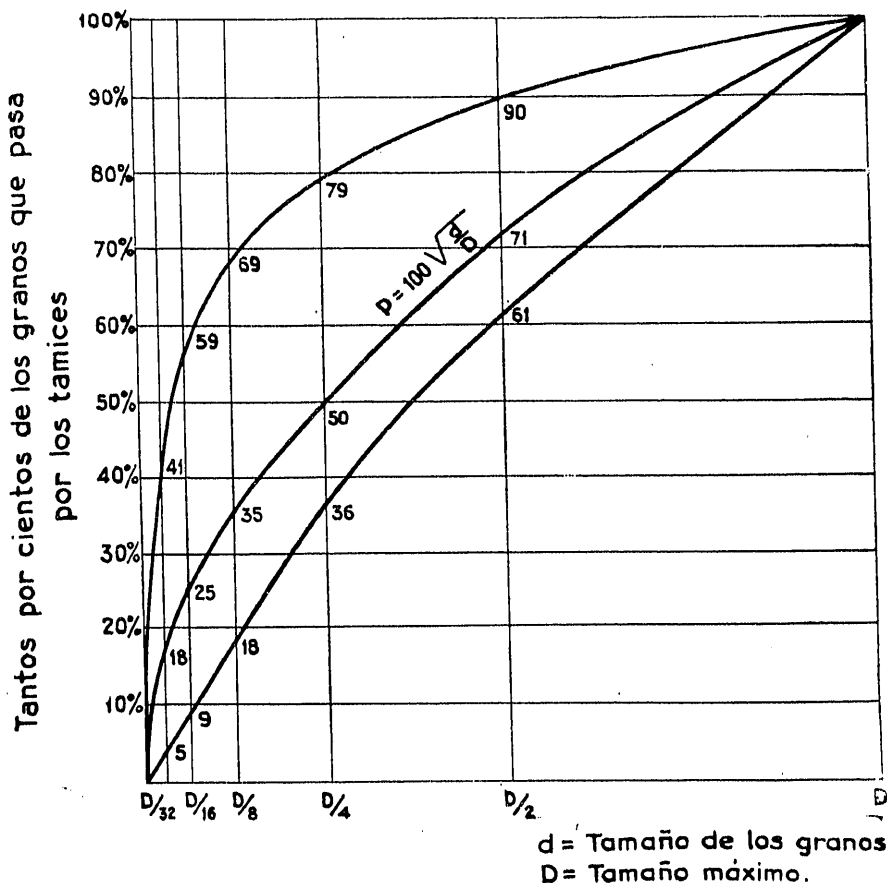


Figura 1.ª

En todos estos casos la curva de descomposición granulométrica del árido ha de quedar incluida dentro de la zona delimitada por las curvas límites de la figura 1.^a. Estas curvas se refieren al árido de dimensión inferior al máximo definido anteriormente, sin perjuicio de poder utilizar en obra el árido total; y deberá cumplirse también para la fracción del árido, cuyo tamaño máximo sea siete milímetros.

Así, en el caso particular de hormigones finos para armar con un tamaño máximo de árido de veintiocho milímetros, la cantidad de arena con granos menores de siete milímetros queda comprendida entre el 20 y el 70 por 100.

Se recomienda emplear serie de tamices cuyas luces varíen en proporción geométrica de razón dos.

Se recomienda hacer ensayos para determinar la resistencia a los siete, catorce, veintiuno y veintiocho días en un ambiente uniforme similar al de la obra, para que puedan servir de preestimación de las condiciones del hormigón en obra antes de los veintiocho días.

Se pueden añadir al hormigón otros materiales para conseguir finalidades especiales (impermeabilidad, variación del tiempo de fraguado, coloración, etc.), siempre que no alteren sensiblemente sus cualidades fundamentales y se empleen en la menor proporción posible. Caso de no tener experimentación de un Laboratorio oficial, se harán ensayos previos para determinar la influencia de las mismas con las garantías máximas.

Para la formación de hormigones ciclópeos pueden añadirse bloques, siempre que sus condiciones sean superiores a las que se exigen para el conjunto del hormigón, recomendándose que el volumen de los mismos no sobrepase al 25 por 100 del volumen total.

C) Consistencia del hormigón.

La consistencia del hormigón se determinará por el docilímetro Iribarren. También son admisibles la mesa de sacudidas y el cono de Abrams, cuya correspondencia con el docilímetro se indica en el artículo 9.^o del capítulo de ensayos.

CAPÍTULO IV

De la ejecución.

Art. 13. Cimbras y encofrados. — Los encofrados serán de madera, metal u otro material rígido cualquiera que reúna condiciones análogas. La unión de las cimbras, soportes y sus ensambles tendrán la resistencia necesaria para que, con la marcha de hormigonado prevista, no se produzca en ningún momento sobre el hormigón en período de endurecimiento cargas de trabajo superiores al tercio de su resistencia ni movimientos perjudiciales al aspecto de la obra.

Estos límites de movimiento se fijarán en los Pliegos de condiciones particulares, pudiendo indicarse los de tres milímetros para los movimientos locales, y la milésima de la luz para los de conjunto; asimismo se indicarán las condiciones de uniformidad y lisura que se exijan para el aspecto de los paramentos.

Las superficies interiores del encofrado se limpiarán y humedecerán, especialmente los fondos de pilares o muros, dejándose aberturas provisionales en los encofrados para facilitar esta limpieza.

Art. 14. Doblado y colocación de las armaduras. — Las armaduras se limpiarán de toda suciedad y óxido no adherente; se doblarán en frío, ajustándolas a los planos e instrucciones del proyecto, o en caliente sin pasar del rojo cereza (865°).

Se recomienda el doblado en frío para diámetros menores de 25 milímetros, y en caliente para los de más de 30 milímetros.

Las barras calentadas se dejarán enfriar lentamente.

Las armaduras se sujetarán entre sí por ataduras, manteniéndose la distancia al encofrado de modo que impida su movimiento durante el vertido y apisonado del hormigón y permitiendo que éste las envuelva completamente.

Las armaduras quedarán separadas de la superficie del hormigón a más de un diámetro y a más de un centímetro. Esta separación se aumentará a tres centímetros en los elementos que hayan de quedar expuestos a la lluvia, en contacto con la humedad o sometidos a esfuerzos alternativos o a peligros de incendio.

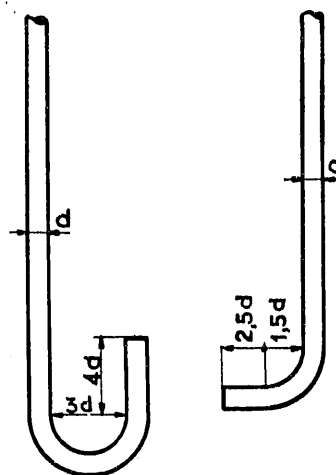
La separación entre armaduras paralelas será como mínimo igual al diámetro. Esta separación podrá aún disminuirse hasta un centímetro entre dos armaduras paralelas de un mismo cuchillo en piezas a flexión, poniéndose separadores para asegurar esta condición y cuidándose el buen hormigonado entre ellas.

Los dobleces de las armaduras, salvo indicación especial del proyecto, se harán con radios superiores a cinco veces su diámetro.

Las pletinas, perfiles, carriles y secciones análogas se rodearán con redondos transversales o alambre para asegurar su adherencia con el hormigón.

Art. 15. Anclajes. — Los anclajes extremos de las armaduras pueden hacerse por los siguientes sistemas:

a) Prolongación de la armadura más allá del punto



Figuras 2.^a y 3.^a

en que se termina de sufrir teóricamente el esfuerzo, en una longitud no inferior a treinta diámetros en barras lisas, y a veinte en las rugosas o deformadas o en las sujetas a otras armaduras transversales. Este tipo sólo se empleará bajo la indicación expresa del proyecto.

b) Por gancho o semicircunferencia de un diámetro medio no inferior a cuatro diámetros y prolongado con un trozo recto no inferior a otros cuatro (fig. 2.^a).

c) Por parrilla en ángulo recto de dos y medio diámetros, prolongado en otros dos y medio como mínimo (figura 3.^a).

d) Por soldadura sobre otra barra.

En todo caso estos anclajes se ajustarán a lo que se indique en el proyecto, y particularmente en el caso de emplear aceros de alta calidad se detallará el tipo de anclaje a emplear.

Art. 16. *Empalmes*.—Se evitarán, en lo posible, los empalmes no señalados en los planos, cuidando de colocarlos solamente donde la armadura trabaje a menos de los dos tercios de su carga admisible.

Estos empalmes pueden hacerse por solape, soldadura o manguito.

Los primeros se harán solapando las barras en una longitud igual o superior a veinticinco diámetros, y terminándolas en ganchos si se trata de esfuerzos a tracción.

El espesor del hormigón alrededor del solape no bajará de dos diámetros, o de uno, si está bien zunchado con alambre.

Se recomienda evitar este tipo de empalme para diámetros superiores a veinticinco milímetros.

Los empalmes por soldadura pueden hacerse por autógena o eléctrica (al arco o por resistencia), bien a tope o también por solape y de acuerdo con la técnica de la soldadura.

Las características del material de la soldadura cumplirán las condiciones exigidas al acero de las armaduras, incluso el doblado en frío.

Los empalmes por solape o por soldadura se distanciarán unos de otros de modo que sus centros queden a más de treinta diámetros a lo largo de la pieza.

En el empalme por manguito las resistencias, tanto de la sección neta de éste como del fileteado a esfuerzo cortante, serán equivalentes a la de la sección neta de la barra, y la merma de sección por fileteado será menor del 30 por 100 de la sección bruta de la barra.

Art. 17. *Fabricación del hormigón*.—Los áridos podrán dosificarse en peso o volumétricamente, y el cemento, siempre en peso.

En el Pliego de condiciones facultativas de la obra se fijarán las tolerancias admisibles de dosificación, recomendándose límites inferiores a los siguientes: El 3 por 100 en la cantidad de cemento; el 5 por 100, en el total del árido; el 8 por 100, en la proporción de los diferentes tamaños de árido a mezclar, y el 5 por 100, en la relación de agua a cemento, reduciendo este límite a un 3 por 100 en obras delicadas.

El amasado se hará en hormigonera, con un período de batido superior al triple del necesario, para que la mezcla hecha en seco aparezca de aspecto uniforme.

Como indicación en este sentido se dan las cifras de cuarenta revoluciones, o un minuto de duración, pudiendo reducirse a medio minuto en hormigones de baja calidad.

Solamente en obras de muy escasa importancia se admitirá el amasado a mano sobre una superficie impermeable, ejecutándose en seco la mezcla hasta que presente color uniforme, y agregando después el agua en

pequeñas cantidades hasta obtener un producto homogéneo.

Se cuidará que durante el amasado no se mezcle tierra ni impureza alguna.

Son convenientes, para los casos en que la importancia de la obra lo permita, las instalaciones dosificadoras, por peso de todos los componentes, automáticas, centralizadas, con persona especializada y responsable a su frente, y en particular, se recomienda la corrección continua de las dosificaciones del agua con arreglo a la humedad del árido.

Es de gran importancia la precaución de no mezclar masas con diferentes clases de cementos y de limpiar perfectamente las hormigoneras al hacer el cambio.

Art. 18. *Puesta en obra del hormigón*.—El transporte y vertido del hormigón se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a amasar, al menos con una vuelta de pala, los que acusen señales de disgregación.

No se tolerará la colocación de masas que acusen un principio de fraguado, pudiendo transcurrir, desde su fabricación hasta la colocación y apisonado, una hora en verano, dos en invierno y tres si se impide la evaporación, volviéndose a batir las masas ligeramente si se alcanzan estos límites.

En el Pliego de condiciones facultativas de la obra se fijarán las tolerancias admisibles de la consistencia, recomendándose fijar límites inferiores a cuarenta milímetros de la lectura del docilímetro.

Siempre que durante la ejecución de la obra se registre alguna variación anormal de la consistencia o de la trabazón del hormigón, se determinará y corregirá la causa de esta variación.

El apisonado se ejecutará en la misma forma y con igual o mayor intensidad de la empleada en la fabricación de las probetas de ensayo, caso de haberse empleado éstas para fijar el tipo de dosificación; en caso contrario, se ajustará a las condiciones del Pliego particular.

En todo caso, el apisonado se prolongará hasta reducir las coqueas y llegar, en los hormigones de consistencia seca, a que refluya el agua a la superficie.

Se cuidará que su efecto se extienda a todo el interior de la masa y que no se produzca en ella la disgregación. Para lograrlo, se reducirá lo necesario el espesor de las masas a apisonar.

Se recomienda, para los hormigones de consistencia seca, apisonar por capas de menos de quince centímetros, cuidando particularmente el apisonado junto a los paramentos y rincones del encofrado. Se recomienda el apisonado por vibración, prodigando los puntos vibrados lo necesario para que su efecto se extienda uniformemente a toda la masa sin iniciar disgregaciones locales.

En el hormigón ciclópeo se cuidará que el hormigón envuelva los bloques, quedando entre ellos separaciones mayores de tres veces el tamaño máximo del árido (sin bloques).

En las interrupciones del hormigonado se cuidará de dejar la junta lo más normalmente posible a la dirección de la máxima compresión y donde su efecto sea menos perjudicial.

Se recomienda prever la posición de las juntas de hormigonado para que queden en zonas donde la tracción

ción de la armadura no haya de sobrepasar los ocho kilogramos por milímetro cuadrado.

Cuando sean particularmente de temer los efectos de retracción, se recomienda dejar abiertas las juntas de hormigonado (con el ancho exclusivamente necesario para ser bien hormigonadas) durante algún tiempo, para que las masas contiguas de hormigón puedan tomar libremente una buena parte de su retracción.

Al reanudar el hormigonado se limpiará la junta de toda la suciedad, lechada o árido suelto que haya quedado, y se regará la superficie antes de verter el nuevo hormigón.

Es recomendable la práctica de retirar la lechada superficial, con chorro de agua y aire o con cepillo de alambre, una vez iniciado el fraguado y antes de que haya endurecido la masa, y recubrir las juntas antes de reanudar el hormigonado con una capa delgada de mortero igual a la que forma parte del hormigón.

Se cuidará muy especialmente de que no queden en contacto masas frescas de hormigones de diferentes tipos de cemento y de limpiar las herramientas y material de transporte al hacer el cambio.

En macizos de grandes dimensiones se dispondrán las juntas de hormigonado y se fijará la altura de las capas de hormigón para que, habida cuenta de la elevación de temperatura por fraguado y de sus posibilidades de enfriamiento según la marcha de la obra, no se perjudique el endurecimiento ni se formen grietas por retracción, asegurándose también en caso necesario la impermeabilidad de las juntas.

En los elementos constituidos por piezas moldeadas que hayan de trabajar solidariamente, se cuidará la disposición de las juntas para asegurar su debido enlace y resistencia conjunta.

Art. 19. Hormigonado en tiempo frío o caluroso.—Se tomarán las precauciones necesarias para que la temperatura del hormigón no baje de cero grados centígrados en ningún punto durante el fraguado y primer endurecimiento. Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura ambiente baje de dos grados sobre cero, o cuando, temiendo que baje más la temperatura, se encuentren los materiales a menos de siete grados, salvo que se tomen precauciones especiales que eviten los peligros de la helada.

Habiéndose hecho el amasado con los materiales a más de siete grados y no siendo de temer que la temperatura baje de cuatro grados bajo cero durante la noche, puede autorizarse el simple recubrimiento de las superficies, que se protegerán con sacos de papel, paja u otro aislante eficaz.

Para obras de carácter urgente o para terminación de trabajos comenzados, se podrá aceptar el hormigonado con temperaturas de cero grados y aún hasta de cuatro bajo cero, adoptando la precaución de amasar con agua calentada a más de treinta grados, e inmediatamente de terminarse el hormigonado, regar con agua a igual temperatura cada dos horas, protegiendo eficazmente la superficie.

Cuando se sobrepasen los límites antedichos, será necesario suministrar calor suplementario al hormigón, bien directamente, bien utilizando vapor, agua caliente, fluido eléctrico o cualquier otro procedimiento.

El hormigonado se suspenderá cuando la temperatura del ambiente sea superior a cuarenta grados, o a

treinta y cinco si se emplea cemento aluminoso. Si por razones especiales hubiere de hormigonarse con estas temperaturas, se mantendrán las superficies protegidas de la intemperie y continuamente húmedas para evitar la desecación rápida del hormigón, por lo menos durante los diez primeros días.

Deberá rehacerse de nuevo el material que haya experimentado los efectos de la helada o se haya ahogado.

Art. 20. Curado del hormigón.—Se cuidará de mantener la humedad del hormigón durante el primer período de endurecimiento, evitándose todas las causas externas, como sobrecargas o vibraciones que puedan provocar su fisuración.

Se mantendrá su superficie húmeda hasta que se vaya alcanzando la resistencia prevista, o por lo menos, durante quince días, pudiendo reducirse a siete con tiempo húmedo.

Con cemento aluminoso se intensificará el riego durante las primeras cuarenta y ocho horas.

Art. 21. Desencofrados y descimbramientos.—No se hará ningún desencofrado o descimbramiento mientras el hormigón no tenga una resistencia superior al triple de la carga de trabajo producida por dicha operación.

Se recomienda fijar las fechas de descimbramiento por medio de probetas de ensayo.

Para temperaturas no inferiores a cinco grados el plazo de descimbramiento podrá ser:

Cemento empleado	Encofrado lateral de vigas y columnas	Forjados	Apoyo de las vigas y forjados de grandes luces
Cemento Portland...	3 días.	8 días.	3 semanas.
Supercemento	2 días.	4 días.	8 días.

Cuando las dimensiones y luces sean grandes, y en general, para cualquier caso, podrá autorizarse también el descimbramiento en el plazo dado por la fórmula:

$$n = 8 + \frac{400}{T + 2} \left(\frac{P}{P + C} \right)^2;$$

en la cual n representa el número de días; T , la temperatura media en grados centígrados (media aritmética de las máximas y mínimas diarias); P , el peso muerto de la construcción al descimbrar, y C , la sobrecarga que haya de soportar posteriormente.

Art. 22. Protección a los agentes químicos y acciones mecánicas.—Las obras de hormigón que estén en contacto con aguas o sustancias que por su composición química pueden atacarle, se protegerán superficialmente a tal efecto por enlucidos, pinturas, o, si fuera necesario, revestimientos con materiales que lo aislen de este ataque con toda eficacia.

En tal sentido deben hacerse estas protecciones en los depósitos para líquidos y ácidos, para hidrocarburos y para melazas, así como para otros líquidos susceptibles de descomponer el hormigón.

Análogamente, las estructuras de hormigón armado que puedan estar sujetas a impactos o vibraciones por maquinaria u otros elementos mecánicos o a desgastes en sus superficies, deberán dotarse de protecciones eficaces, sin perjuicio de calcularse para estos efectos dinámicos.

CAPITULO V

Pruebas.

Art. 23. *Pruebas del hormigón durante la ejecución.* Se recomienda la fiscalización directa de las condiciones del hormigón durante las obras por medio de probetas sacadas de las mismas masas a emplear, con apisonado similar y conservadas en el mismo ambiente y con igual curado, diariamente, de cada uno de los tipos de hormigón o tajos de la obra y, en particular, cuando las masas acusen variaciones o defectos.

Si pasados veintiocho días en hormigones con Portland (siete con supercementos o dos con aluminosos) las medias de estas probetas dieran cargas menores de las previstas para esa fecha en más de un 25 por 100, podrá ser rechazada la parte de la obra correspondiente, salvo que, sacando probetas de la misma obra, se compruebe que su resistencia es superior a la de las probetas de ensayo.

Sin perjuicio de las responsabilidades a que hubiere lugar por esta resistencia defectuosa del hormigón, podrá en todo caso aceptarse, siempre que sea factible sin peligro, la prueba de la obra con una sobrecarga superior a la de cálculo en un 50 por 100, comprobando que resiste en buenas condiciones.

Con objeto de prever rápidamente la resistencia del hormigón a los veintiocho días, se recomienda la rotura de parte de las probetas a los siete días, pero conservando aquéllas su valor decisivo respecto a la calidad del hormigón.

Si la temperatura media (o la media aritmética de las máximas y mínimas de todos esos días) fuese inferior a dieciocho grados, se considerará prorrogado el plazo en proporción inversa de esta temperatura media.

$$\text{Plazo en días} = 28 \times \frac{18}{\text{temperatura media}}.$$

Art. 24. *Pruebas de la obra.*—Las sobrecargas de prueba se aproximarán lo más posible a las de cálculo. Los efectos dinámicos, salvo indicación contraria en el Pliego de condiciones facultativas de la obra, podrán sustituirse por la sobrecarga estática equivalente, siempre que ésta sea calculada para producir los máximos efectos.

Se recomienda comprobar, mediante probetas de ensayo, que el hormigón tiene la resistencia prevista antes de ejecutar las pruebas de la obra. Caso de no disponerse de probetas de ensayo, no se ejecutarán antes de los veintiocho, diez o dos días, según se trate de cemento Portland, supercemento o aluminoso, respectivamente, y estos plazos se aumentarán proporcionalmente a lo que indica el artículo anterior por defecto de temperatura ambiente.

Se recomienda de todos modos retrasar la ejecución de las pruebas o aplicación de las sobrecargas hasta pasados vez y media los plazos establecidos.

Bajo las sobrecargas de prueba aplicadas durante veinticuatro horas en obras importantes o delicadas, o durante seis, como mínimo, en pequeñas obras, todos los elementos deberán resistir, sin presentar defectos, y siendo como máximo la flecha permanente la mitad de la elástica calculada.

Después de retirada la sobrecarga, la deformación remanente no será superior al tercio de la deformación total; en caso contrario, volverá a repetirse la prueba, no debiendo entonces acusarse nueva deformación remanente superior al quinto de la elástica.

En caso de aparecer algún defecto, se estudiarán, si se trata de defecto peligroso, las causas probables del mismo y el modo de corregirlo.

En obras de gran importancia se recomienda hacer la medida de las flechas y deformaciones en el mayor número posible de puntos durante todo el período de carga, prueba y descarga, así como durante los primeros meses de trabajo, y tomar igualmente las temperaturas y grados higroscópicos del ambiente para obtener el mayor número posible de datos respecto al comportamiento y deformaciones de la obra.

CAPITULO VI

Del proyecto.

Art. 25. *Documentos del proyecto.*—Para la construcción de todas las obras de hormigón en masa o armado se redactará previamente un proyecto, compuesto de los siguientes documentos: Memoria, planos, Pliego de condiciones y presupuesto.

La Memoria contendrá una descripción general de la obra, el criterio que ha servido a su concepción, las hipótesis de cálculo y sobrecargas consideradas; los coeficientes de seguridad y tensiones máximas aceptadas las reacciones sobre los cimientos, y los razonamientos justificativos de las dimensiones y armaduras de los diversos elementos, con sujeción a la presente Instrucción y a las teorías de la resistencia y estabilidad de las construcciones.

En los planos y documentos complementarios, se representarán las distintas partes de que consta la construcción, de modo que queden claramente definidas las formas y dimensiones, tanto de los elementos del hormigón como de sus armaduras, si existen, y la disposición de las mismas.

En el Pliego de condiciones facultativas se indicarán concretamente las características del hormigón y de las armaduras, las sobrecargas de prueba y todas las condiciones necesarias, además de las señaladas en esta Instrucción.

El presupuesto debe formularse a base de la cubicación de las distintas partes de la obra y cuadros de precios unitarios; se recomienda valorar por separado el volumen del hormigón, la superficie del encofrado, el volumen envolvente de la cimbra y el peso de la armadura, en el que se tendrán en cuenta las tolerancias admitidas y los empalmes y ataduras.

Los cuatro documentos citados del proyecto serán indispensables para todo aquel que haya de seguir tramitación oficial. Para las obras de carácter particular, podrá no ser necesaria la redacción de todos los documentos, pero es indispensable la representación clara de todos los elementos y armaduras de la obra en los planos y documentos complementarios que habrán de ser formulados por un facultativo legalmente autorizado en España.

En obras de poco volumen e importancia, estos do-

cimientos podrán reducirse a un mínimo, pero contendrán, en forma sumaria, lo necesario para la ejecución de la obra con sujeción a esta instrucción.

Art. 26. *Bases de cálculo.*—Se comprobará la estabilidad y resistencia, tanto del conjunto como de cada una de las partes o elementos, con arreglo a las teorías de la elasticidad, suponiendo que las armaduras se deforman conjuntamente con el hormigón por efecto de la adherencia, y que este último es un material homogéneo isótropo y elástico, si bien sufre, además de las elásticas, deformaciones remanentes, de retracción, térmicas, higroscópicas y lentas, así como variaciones de sus características elásticas con la elevación de la tensión relativa.

Puede prescindirse, en general, de considerar, en los cálculos, las deformaciones remanentes y lentas y las variaciones o diferencias que las térmicas, higroscópicas y de retracción puedan tener de un punto a otro del elemento, incluso en los casos de elementos armados; calculándose elásticamente las tensiones o efectos debidos a ellas, como si se produjeran uniformemente en todo el sólido con arreglo a los valores que se indican en el artículo 28.

Sin embargo, en estructuras delgadas sometidas a grandes esfuerzos, de dimensiones excepcionales, de estabilidad elástica precaria o delicadas por otra cualquier razón, el autor del proyecto deberá justificar bien la posibilidad de calcular en esta forma, bien las leyes que adopte para tener en cuenta los fenómenos que se indican en el párrafo anterior y más particularmente el de las deformaciones lentas.

Art. 27. *Constantes elásticas y coeficientes de equivalencia.*—Para los métodos de cálculo en que interviene el coeficiente de equivalencia se podrá establecer éste por la Ley.

$$r = \frac{2315}{R_{\text{cúb.}}} = \frac{2000}{R_{\text{cil.}}};$$

en las que $R_{\text{cúb.}}$ y $R_{\text{cil.}}$ son respectivamente, las resistencias del hormigón a los veintiocho días en probeta cúbica y en prueba cilíndrica alargada, admitiéndose variaciones en estos cocientes de tres unidades en más y dos en menos.

Con hormigones o armaduras que den coeficientes que se separen en más de estas tolerancias se tomará el valor que resulte de los datos experimentales.

En los hormigones más corrientes resultan aproximadamente las cifras:

Resistencia en probeta cilíndrica a los 28 días	Resistencia en probeta cúbica	Coeficiente de equivalencia
200 Kg./cm. ²	250 Kg./cm. ²	10
160 "	200 "	12
120 "	150 "	15

Para el coeficiente de Poisson se indica, sin carácter preceptivo, el valor un séptimo, pero el autor del proyecto elegirá y justificará el valor más aproximado en cada caso. Para los cálculos hiperestáticos de las deformaciones se puede tomar aproximadamente el valor del módulo de elasticidad dado por la fórmula:

$$E = 864 R_{\text{cúb.}} \approx 1\,100 R_{\text{cil.}};$$

salvo justificación especial del mismo.

Para aquellos estudios y métodos de cálculo en que se consideren las condiciones de agotamiento resistente de la pieza, puede tomarse para valor del coeficiente de equivalencia el cociente de la tensión de límite elástico aparente del acero por la resistencia del hormigón a compresión en probeta cilíndrica.

Art. 28. *Retracción y deformaciones térmicas higroscópicas y lentas.*—Para la contracción total por fraguado, endurecimiento y variación higroscópica, se puede tomar como norma, sin necesidad de justificación especial, la cifra de ciento cincuenta millonésimas en hormigones corrientes; de ciento veinte, en hormigones que hayan sufrido un curado suficientemente largo, y de doscientas, en hormigones de más de cuatrocientos kilogramos de dosificación. Podrá prescindirse de esta retracción en los elementos que hayan de quedar sumergidos o cubiertos en terrenos con alguna humedad.

El coeficiente de dilatación térmica se fija en diez millonésimas para el conjunto del hormigón y armaduras, salvo para aquellos estudios, no preceptivos, en que se consideren por separado y se estudien los efectos de la desigual dilatación, justificando los valores adoptados.

Quando no existan más variaciones térmicas que las debidas al ambiente y no se haga estudio especial de ellas, podrá tomarse como norma el valor equivalente a más o menos veinte grados centígrados, menos la raíz cuadrada del espesor en centímetros.

Variación térmica en grados = $\pm(20 \sqrt{\text{espesor en cm.}})$ con tolerancias de más menos cinco grados para unificar y simplificar los cálculos. Estas variaciones deberán sumarse algebricamente a las de la contracción fijadas en el párrafo primero.

En las obras abrigadas de la intemperie, las cifras obtenidas por la fórmula anterior se podrán reducir a la mitad, y para obras enterradas, considerar también en espesor el de la tierra.

Para disminuir los efectos perjudiciales de estas causas se dispondrán las juntas que sean necesarias.

Se prescindirá de todas estas causas en los elementos isostáticos, siempre que se tomen las debidas precauciones para que realmente trabajen como tales.

Para las deformaciones lentas, en aquellos casos en que se consideren (art. 26), el autor del proyecto justificará los valores y leyes adoptados, y lo misma hará para las valoraciones de los módulos y coeficientes elásticos en aquellos estudios y métodos de cálculo en los que se consideren tensiones elevadas o estados de rotura o prerrotura.

Art. 29. *Coeficientes de seguridad.*—Se llaman coeficientes de seguridad los números por los que habrían de multiplicarse las acciones exteriores o las tensiones internas para alcanzar el límite elástico aparente en el acero o la rotura en el hormigón.

Como norma general, estos coeficientes tendrán el valor dos respecto al límite elástico aparente del acero, y el valor tres, respecto a la rotura del hormigón. Se pueden también, para unificar ambos coeficientes, considerar el valor único dos, después de suponer rebajadas en un tercio las resistencias a que hubiere de aplicarse el coeficiente tres.

Quando se tengan en cuenta conjuntamente y en la combinación más desfavorable los efectos de peso muerto, sobre cargas normales o accidentales (viento, nieve), efectos dinámicos, de retracción, térmicos y secundarios,

se podrá rebajar este coeficiente de seguridad en un 15 por 100.

Podrá reducirse este coeficiente, como máximo, en un 25 por 100, si, además de cumplirse las condiciones anteriores, se consideran los efectos parásitos y no elásticos, y si tanto los cálculos como la ejecución e inspección de las obras se efectúan con la máxima escrupulosidad.

Art. 30. *Tensiones límites del hormigón.*—A los efectos de coeficiente de seguridad se considera como tensión de rotura o resistencia a compresión simple la máxima carga unitaria obtenida a los veintiocho días en probeta cilíndrica de altura doble del diámetro; caso de emplearse probeta cúbica, se referirá su resistencia a la de la probeta tipo anterior, con arreglo a la experimentación existente.

Si la carga de rotura es superior a doscientos veinticinco kilogramos por centímetro cuadrado, esta carga se considerará rebajada para la aplicación de los coeficientes de seguridad en la mitad de su exceso sobre los doscientos veinticinco kilogramos.

La carga de rotura se considerará rebajada al 50 por 100 para las tensiones alternativas y repetidas que hayan de soportar más de trescientas mil repeticiones, salvo estudio especial de las condiciones de fatiga, y se justificarán las tensiones adoptadas según el grado de amplitud y la frecuencia de la variación de tensión.

Las resistencias a tracción simple y esfuerzo cortante, salvo justificación especial, se considerarán iguales a la mitad de la raíz cúbica del cuadrado de la resistencia a compresión simple en probeta cilíndrica a los veintiocho días:

$$\frac{1}{2} \sqrt[3]{R^2_{cil.}}$$

En general, no se tendrán en cuenta las resistencias a tracción del hormigón, salvo aquellos casos en que se estudie especialmente para los efectos de posible fisuración; si bien podrá contarse con la resistencia a esfuerzo cortante, de acuerdo con lo que se indica en el artículo 36.

Sin carácter preceptivo se indican las siguientes resistencias y tensiones admisibles con arreglo a los artículos 29 y 30.

Resistencia a compresión en Kg./cm. ² (en probeta cilíndrica)	120	160	200
Tensión admisible	40	53	66
Resistencia a tracción y cortante	12	15	17
Tensión admisible	4	5	5.5

Art. 31. *Tensiones límites de las armaduras.*—A los efectos del coeficiente de seguridad no se tomará, para valor de la tensión de límite elástico aparente del acero, cifras superiores al 80 por 100 de su tensión de rotura ni a veintiuna y media veces la de rotura del hormigón a compresión en probeta cilíndrica, o diecisiete en probeta cúbica, salvo que se tomen precauciones especiales para evitar la fisuración.

Con hormigones de más de ciento diez kilogramos por centímetro cuadrado de resistencia a compresión a los veintiocho días en probeta cilíndrica o de ciento cuarenta y cinco en probeta cúbica, se puede, por tanto, tomar una tensión admisible de mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrado en el acero corriente, y

con el acero especial que se indica en el artículo 10, las tensiones admisibles siguientes:

Resistencia a compresión en Kg./cm. ²	120	160	200 Kg./cm. ²
Tensión admisible en el acero especial	1.300	1.700	1.800 "

La tensión admisible a efecto cortante de la armadura, cuando esté en condiciones de soportar este esfuerzo, se tomará igual el 80 por 100 de la carga admisible, a tracción y en general, en armaduras rígidas, se aceptarán los límites y condiciones que impone la Instrucción de estructuras metálicas, mientras hayan de trabajar fuera del hormigón.

Art. 32. *Tensiones límites de adherencia.*—La tensión de adherencia entre la armadura y el hormigón no sobrepasará de dos kilogramos por centímetro cuadrado, más el tercio de la tensión admisible del hormigón a tracción.

Esta tensión podrá aumentarse en un 25 por 100, si no son de temer sobrecargas móviles bruscas y las armaduras llevan buenos anclajes o se emplean los siguientes tipos de armaduras: Redondos o cuadrados laminados con pezones o rugosidades al efecto; armaduras con retorcidas helicoidalmente; armaduras dispuestas con un recubrimiento superior a tres diámetros o rodeadas por zunchos o armaduras transversales que impidan la fisuración del hormigón; otros tipos de armaduras en los que se comprueba experimentalmente su mayor resistencia al deslizamiento.

Por el contrario, la tensión antedicha se rebajará en un 25 por 100 para pletinas, perfiles y carriles.

Puede prescindirse de comprobar la adherencia en redondos de menos de veinticinco milímetros, provistos de buenos ganchos o anclajes similares.

Caso de sobrepasarse estos límites, se estudiarán los efectos de los posibles deslizamientos entre el hormigón y la armadura.

Para mayor comodidad se indican las cifras que resultan con hormigones corrientes:

Resistencia del hormigón a compresión.	120	160	200
Tensión admisible de { normales	6,0	7,0	8,0
adherencia con ar- { especiales	7,5	8,7	10,0
maduras { pletinas y perfiles	4,5	5,2	6,0

Art. 33. *Disposiciones relativas a las armaduras, anclajes y empalmes.*

Las armaduras sometidas a tracción se anclarán en sus extremos, en especial los sometidos a esfuerzos variables repetidos, recomendándose alejar de las zonas de tracción los ganchos o cortes de barras y pasarlos a las zonas comprimidas cuando sea posible.

Los anclajes podrán hacerse por prolongación de la barra, por gancho, patilla o soldadura, de acuerdo con las prescripciones del artículo 15.

El anclaje por prolongación de la barra se empleará sólo excepcionalmente, y nunca en armaduras sometidas a esfuerzos variables de tracción repetidos, ni en aquellos puntos en que la carga total de trabajo de la armadura sea superior al producto de la tensión admisible da adherencia por la superficie de la barra en una longitud de catorce diámetros.

(Concluirá.)