

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

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

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

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

- por adherencia;
- semiadherentes;
- no adherentes.

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

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

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

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

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

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

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

### 15.2. Empalme

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

### COMENTARIOS

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

### 15.3. Suministro y almacenamiento

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

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

### ARTICULO 16. VAINAS Y ACCESORIOS

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

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

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

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

Los accesorios más utilizados son:

— *Tubo de purga o purgador.*—Pequeño segmento de tubo que comunica los conductos de pretensado con el exterior y que se colocan, generalmente, en los puntos altos y bajos de su trazado para facilitar la evacuación del aire y del agua del interior de dichos conductos y para seguir paso a paso el avance de la inyección. También se les llama respiradero.

— *Boquilla de inyección.*—Pieza que sirve para introducir el producto de inyección en los conductos en que se alojan las armaduras activas.

— *Separador.*—Pieza generalmente metálica o de plástico que en algunos casos se emplea para distribuir uniformemente dentro de las vainas las distintas armaduras constituyentes del tendón.

— *Trompeta de empalme.*—Es una pieza de forma generalmente troncocónica, que enlaza la placa de reparto con la vaina.

En algunos sistemas de pretensado la trompeta está integrada en la placa de reparto y su forma es característica.

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

### COMENTARIOS

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

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

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

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

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

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

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

#### ARTICULO 17. PRODUCTOS DE INYECCION

##### 17.1. Generalidades

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

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

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

##### COMENTARIOS

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

##### 17.2. Productos de inyección adherentes

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

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

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

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

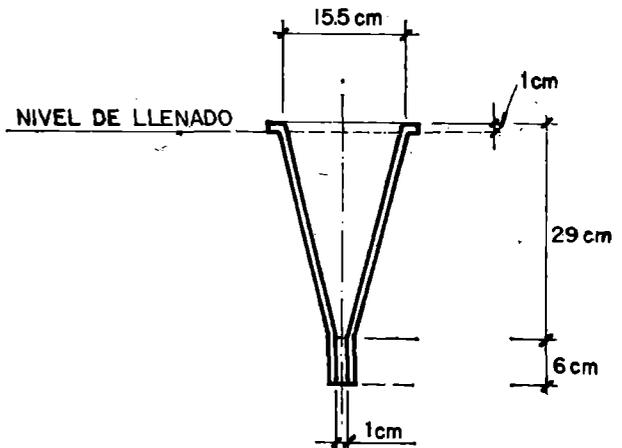


Fig. 17.2

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

##### COMENTARIOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 17.3. Productos de inyección no adherentes

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

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

#### COMENTARIOS

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

### CAPITULO III

#### Ejecución

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### COMENTARIOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

##### 19.1. Generalidades

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

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

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

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

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

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

#### COMENTARIOS

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

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

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

#### 19.2. Doblado de las armaduras

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

$$r \geq 5 \varnothing$$

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

siendo:

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

$f_y$  = límite elástico del acero;

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

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

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

#### COMENTARIOS

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

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

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

Cuando los 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 puede asignar a dichos radios sin que peligre la zona de hormigón correspondiente al cambio de dirección de la armadura teniendo en cuenta que el efecto de las tracciones que tienden a desgarrar el hormigón suele ser más perjudicial que el de las compresiones directamente originadas por el codo. En estos casos, es siempre necesario rodear con cercos o estribos, en las zonas correspondientes a los codos, las barras dobladas.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### COMENTARIOS

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

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

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

19.4. Distancias a los paramentos

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

COMENTARIOS

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

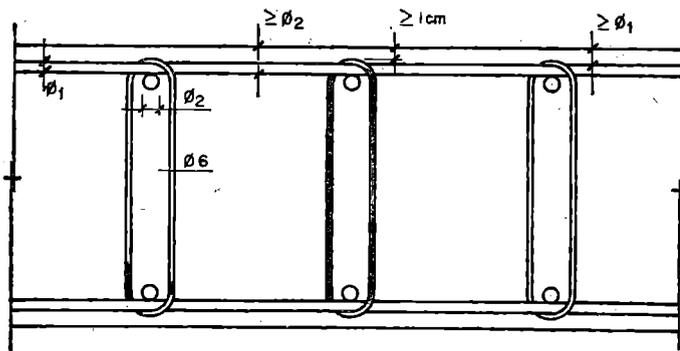


Fig. 19.4

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

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

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

19.5. Anclaje de las armaduras pasivas

19.5.1. Generalidades

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

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

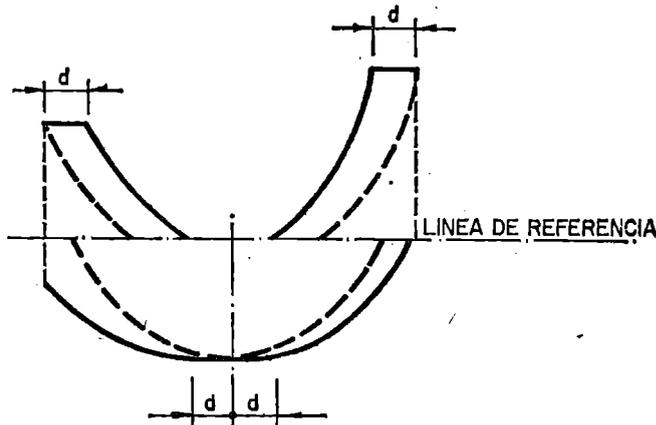


Fig. 19.5.1.a

(Continuará.)

## MINISTERIO DE HACIENDA

**14782** ORDEN de 16 de mayo de 1977 por la que se da nueva redacción al epígrafe 9149 de las Tarifas de Licencia Fiscal del Impuesto Industrial.

Ilustrísimo señor:

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

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

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

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

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

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

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

CARRILES GALARRAGA

Ilmo. Sr. Director general de Tributos.

**14783** ORDEN de 27 de junio de 1977 por la que se modifica el importe de la comisión de pago de los Administradores de Loterías, establecida por la de 1 de diciembre de 1970.

Ilustrísimo señor:

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