

TÍTULO 5º EJECUCIÓN

CAPÍTULO XIII

EJECUCIÓN

Artículo 65º Cimbras, encofrados y moldes

Las cimbras, encofrados y moldes, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficientes para garantizar el cumplimiento de las tolerancias dimensionales y 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. Dichas condiciones deberán mantenerse hasta que el hormigón haya adquirido la resistencia suficiente para soportar, con un margen de seguridad adecuado, las tensiones a que será sometido durante el desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

Estos elementos se dispondrán de manera que se eviten daños en estructuras ya construidas.

El suministrador de los puntales justificará y garantizará las características de los mismos, precisando las condiciones en que deben ser utilizados.

Se prohíbe expresamente el empleo de aluminio en moldes que hayan de estar en contacto con el hormigón.

Los encofrados y moldes serán lo suficientemente estancos para que, en función del modo de compactación previsto, se impidan pérdidas apreciables de lechada o mortero y se consigan superficies cerradas del hormigón.

Los encofrados y moldes de madera se humedecerán para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón. Por otra parte, las piezas de madera se dispondrán 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, y presentarán las condiciones necesarias para garantizar la libre retracción del hormigón y evitar así la aparición de fisuras en los paramentos de las piezas. Para facilitar esta limpieza en los fondos de pilares y muros, deberán disponerse aberturas provisionales en la parte inferior de los encofrados correspondientes.

En el caso del hormigón pretensado las cimbras, encofrados y moldes deberán resistir adecuadamente la redistribución de cargas que se origina durante el tesado de las armaduras como consecuencia de la transmisión de los esfuerzos del pretensado al hormigón. Asimismo, deberán permitir las deformaciones de las piezas en ellos hormigonadas, especialmente los alargamientos, los acortamientos y contraflechas que no deberán ser coartados.

Estos elementos deberán diseñarse de manera que sea posible el correcto emplazamiento de la armadura y los tendones del pretensado, así como una compactación adecuada del hormigón.

Los encofrados y moldes deberán poderse retirar sin causar sacudidas ni daños en el hormigón.

El empleo de productos para facilitar el desencofrado o desmoldeo de las piezas deberá ser expresamente autorizado, en cada caso, por el Director de Obra. Dichos productos no deberán

dejar rastros ni tener efectos dañinos sobre la superficie del hormigón, ni deslizar por las superficies verticales o inclinadas de los moldes o encofrados. Por otra parte, no deberán impedir la ulterior aplicación de revestimientos ni la posible construcción de juntas de hormigonado, especialmente cuando se trate de elementos que, posteriormente, vayan a unirse entre sí para trabajar solidariamente.

Los productos desencofrantes o desmoldeantes aprobados se aplicarán en capas continuas y uniformes sobre la superficie interna del encofrado o molde, colocándose el hormigón durante el tiempo en que estos productos sean efectivos.

Se evitará el uso de gasóleo, grasa corriente o cualquier otro producto análogo pudiéndose utilizar para estos fines barnices antiadherentes compuestos de siliconas, o preparados a base de aceites solubles en agua o grasa diluida.

Artículo 66º Elaboración de ferralla y colocación de las armaduras pasivas

66.1 Generalidades

Para la elaboración de la ferralla y colocación de las armaduras pasivas, se seguirán las indicaciones contenidas en la UNE 36831:97.

Las armaduras pasivas se colocarán exentas de pintura, grasa o cualquier otra sustancia nociva que pueda afectar negativamente al acero, al hormigón o a la adherencia entre ambos. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones del proyecto, sujetas entre sí de manera que no varíe su posición especificada durante el transporte, montaje y hormigonado, y permitan al hormigón envolverlas sin dejar coqueas.

En el caso de que la armadura pasiva presente un nivel de oxidación excesivo que pueda afectar a sus condiciones de adherencia, se comprobará que éstas no se han visto significativamente alteradas. Para ello, se procederá a su cepillado mediante cepillo de púas de alambre y se comprobará que la pérdida de peso de la armadura no excede del 1% y que la altura de corruga, en el caso de acero corrugado, se encuentra dentro de los límites prescritos en 31.3.

Las armaduras se asegurarán en el interior de los encofrados o moldes contra todo tipo de desplazamiento, comprobándose su posición antes de proceder al hormigonado.

En vigas y en elementos análogos sometidos a flexión, las barras que se doblen deberán ir convenientemente envueltas por cercos o estribos en la zona del codo. Esta disposición es siempre recomendable, cualquiera que sea el elemento de que se trate. En estas zonas, cuando se doblen simultáneamente muchas barras, resulta aconsejable aumentar el diámetro de los estribos o disminuir su separación.

Se autoriza el uso de la técnica de soldadura para la elaboración de la ferralla, siempre que la operación se realice de acuerdo con los procedimientos establecidos en la UNE 36832:97, el acero sea soldable, y se efectúe en taller con instalación industrial fija. Solamente en aquellos casos previstos en el proyecto y debidamente autorizados por el Director de Obra, se admitirá la soldadura en obra para la elaboración de la ferralla.

Los cercos de pilares o estribos de las vigas se sujetarán a las barras principales mediante simple atado u otro procedimiento idóneo, prohibiéndose expresamente la fijación mediante puntos de soldadura una vez situada la ferralla en los moldes o encofrados.

Debe evitarse el empleo simultáneo de aceros con diferente límite elástico. No obstante, cuando no exista peligro de confusión, podrán utilizarse en un mismo elemento dos tipos diferentes de acero para las armaduras pasivas: uno para la armadura principal y otro para los estribos.

En aquellos casos excepcionales en los que no sea posible evitar que dos aceros de

diferente límite elástico, y con la misma función estructural, se encuentren en la misma sección del elemento, se estará a lo dispuesto en 38.3.

En la ejecución de las obras se cumplirá, en todo caso, lo indicado en 66.5 y 66.6.

66.2 Disposición de separadores

La posición especificada para las armaduras pasivas y, en especial los recubrimientos mínimos indicados en 37.2.4, deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes elementos (separadores o calzos) colocados en obra. Estos elementos cumplirán lo dispuesto en 37.2.5, debiéndose disponer de acuerdo con las prescripciones de la tabla 66.2.

Tabla 66.2
Disposición de separadores

Elemento		Distancia máxima
Elementos superficiales horizontales (losas, forjados, zapatas y losas de cimentación, etc.)	Emparrillado inferior	50 \varnothing ? 100 cm
	Emparrillado superior	50 \varnothing ? 50 cm
Muros	Cada emparrillado	50 \varnothing ó 50 cm
	Separación entre emparrillados	100 cm
Vigas ¹⁾		100 cm
Soportes ¹⁾		100 \varnothing ? 200 cm
¹⁾ \varnothing	Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por vano, en el caso de las vigas, y por tramo, en el caso de los soportes, acoplados a los cercos o estribos. Diámetro de la armadura a la que se acople el separador.	

66.3 Doblado de las armaduras pasivas

Las armaduras pasivas se doblarán ajustándose a los planos e instrucciones del proyecto. En general, esta operación se realizará en frío, mediante métodos mecánicos, con velocidad constante, y con la ayuda de mandriles, de modo que la curvatura sea constante en toda la zona.

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.

Si resultase imprescindible realizar desdoblados en obra, como por ejemplo en el caso de algunas armaduras en espera, éstos se realizarán de acuerdo con procesos o criterios de ejecución contrastados, debiéndose comprobar que no se han producido fisuras o fracturas en las

mismas. En caso contrario, se procederá a la sustitución de los elementos dañados. Si la operación de desdoblado se realizase en caliente, deberán adoptarse las medidas adecuadas para no dañar el hormigón con las altas temperaturas.

El diámetro mínimo de doblado de una barra ha de ser tal que evite compresiones excesivas y hendimiento del hormigón en la zona de curvatura de la barra, debiendo evitarse fracturas en la misma originadas por dicha curvatura.

Asimismo, no debe doblarse un número elevado de barras en una misma sección de la pieza, con objeto de no crear una concentración de tensiones en el hormigón que pudiera llegar a ser peligrosa.

El doblado de las barras, salvo indicación en contrario del proyecto, se realizará con mandriles de diámetro no inferior a los indicados en la Tabla 66.3.

Tabla 66.3
Diámetro mínimo de los mandriles

Barras corrugadas	Ganchos, patillas y gancho en U (ver figura 66.5.1.a)		Barras dobladas y otras barras curvadas	
	Diámetro de la barra en mm		Diámetro de la barra en mm	
	$\varnothing < 20$	$\varnothing \geq 20$	$\varnothing \geq 25$	$\varnothing > 25$
B 400 S	4 \varnothing	7 \varnothing	10 \varnothing	12 \varnothing
B 500 S	4 \varnothing	7 \varnothing	12 \varnothing	14 \varnothing

Los cercos o estribos de diámetro igual o inferior a 12 mm podrán doblarse con diámetros inferiores a los anteriormente indicados con tal de que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración. Para evitar esta fisuración, el diámetro empleado no deberá ser inferior a 3 veces el diámetro de la barra, ni a 3 centímetros.

En el caso de las mallas electrosoldadas rigen también las limitaciones anteriores siempre que el doblado se efectúe a una distancia igual o superior a cuatro diámetros contados a partir del nudo, o soldadura, más próximo. En caso contrario el diámetro mínimo de doblado no podrá ser inferior a 20 veces el diámetro de la armadura.

66.4 Distancias entre barras de armaduras pasivas

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

Cuando las barras se coloquen en capas horizontales separadas, las barras de cada capa deberán situarse verticalmente una sobre otra, de manera que el espacio entre las columnas de barras resultantes permita el paso de un vibrador interno.

Las prescripciones que siguen son aplicables a las obras ordinarias hormigonadas *in situ*.

Cuando se trate de obras provisionales, o en los casos especiales de ejecución particularmente cuidada (por ejemplo, elementos prefabricados), se podrán disminuir las distancias mínimas que se indican en los apartados siguientes previa justificación especial.

66.4.1 Barras aisladas

La distancia libre, horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas, salvo lo indicado en 66.4.2, será igual o superior al mayor de los tres valores siguientes:

- a) dos centímetros;
- b) el diámetro de la mayor;
- c) 1,25 veces el tamaño máximo del árido (ver 28.2).

66.4.2 Grupos de barras

Se llama grupo de barras a dos o más barras corrugadas puestas en contacto.

Como norma general, se podrán colocar grupos de hasta tres barras como armadura principal. Cuando se trate de piezas comprimidas, hormigonadas en posición vertical, y cuyas dimensiones sean tales que no hagan necesario disponer empalmes en las armaduras, podrán colocarse grupos de hasta cuatro barras.

En los grupos de barras, para determinar las magnitudes de los recubrimientos y las distancias libres a las armaduras vecinas, se considerará como diámetro de cada grupo el de la sección circular de área equivalente a la suma de las áreas de las barras que lo constituyan. Los recubrimientos y distancias libres se medirán a partir del contorno real del grupo.

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

66.5 Anclaje de las armaduras pasivas

66.5.1 Generalidades

Las longitudes básicas de anclaje (l_b), definidas en 66.5.2, dependen, entre otros factores, de las propiedades de adherencia de las barras y de la posición que éstas ocupan en la pieza de hormigón.

Atendiendo a la posición que ocupa la barra en la pieza, se distinguen los siguientes casos:

- a) Posición I, de adherencia buena, para las armaduras que durante el hormigonado forman con la horizontal un ángulo comprendido entre 45° y 90° o que en el caso de formar un ángulo inferior a 45° , están situadas en la mitad inferior de la sección o a una distancia igual o mayor a 30 cm de la cara superior de una capa de hormigonado.
- b) Posición II, de adherencia deficiente, para las armaduras que, durante el

hormigonado, no se encuentran en ninguno de los casos anteriores.

En el caso de que puedan existir efectos dinámicos, las longitudes de anclaje indicadas en 66.5.2 se aumentarán en $10 \varnothing$.

La longitud neta de anclaje definida en 66.5.2 y 66.5.4 no podrá adoptar valores inferiores al mayor de los tres siguientes:

- a) $10 \varnothing$;
- b) 15 cm;
- c) la tercera parte de la longitud básica de anclaje para barras traccionadas y los dos tercios de dicha longitud para barras comprimidas.

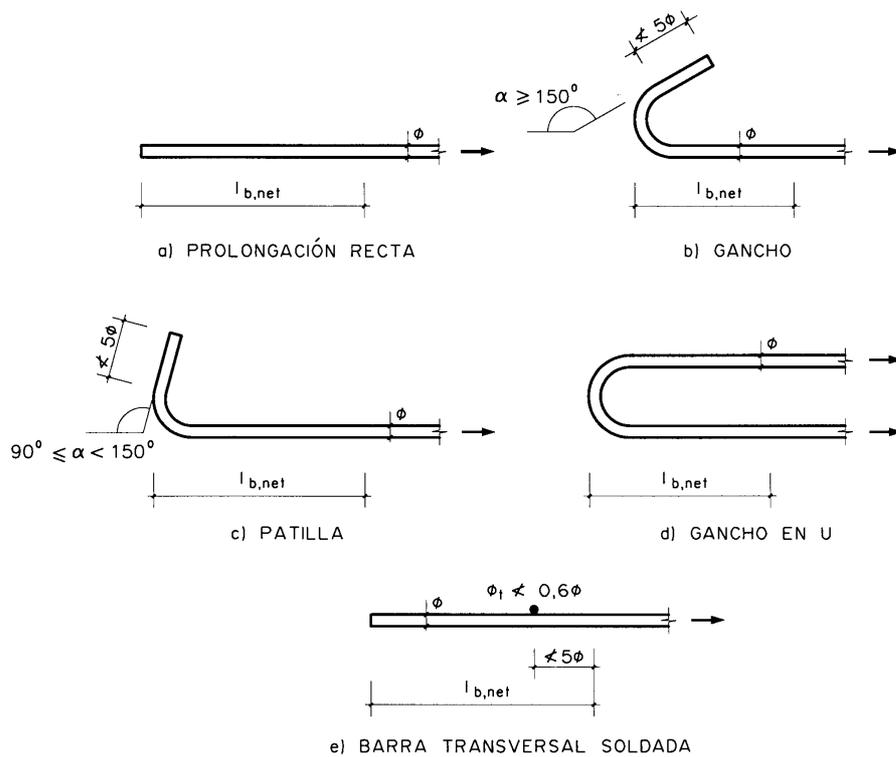
Los anclajes extremos de las barras podrán hacerse por los procedimientos normalizados indicados en la figura 66.5.1, o por cualquier otro procedimiento mecánico garantizado mediante ensayos, que sea capaz de asegurar la transmisión de esfuerzos al hormigón sin peligro para éste.

A efectos de anclaje de las barras en tracción para tener en cuenta el efecto de la fisuración oblicua debida al esfuerzo cortante, se supondrá la envolvente de momentos flectores trasladada paralelamente al eje de la pieza, en una magnitud igual a s_d y en el sentido más desfavorable, según lo indicado en 44.2.3.4.2.

Deberá continuarse hasta los apoyos al menos un tercio de la armadura necesaria para resistir el máximo momento positivo, en el caso de apoyos extremos de vigas; y al menos un cuarto en los intermedios. Esta armadura se prolongará a partir del eje del apoyo en una magnitud igual a la correspondiente longitud neta de anclaje.

Figura 66.5.1

66.5.2 Anclaje de las barras corrugadas



Este apartado se refiere a las barras corrugadas que cumplan con los requisitos reglamentarios que para ella se establecen en el Artículo 31º.

La longitud básica de anclaje en prolongación recta en posición I, es la necesaria para anclar una fuerza $A_s f_{yd}$ de una barra suponiendo una tensión de adherencia constante. Para barras corrugadas este valor depende, entre otros factores, del diámetro de la barra, de la calidad del hormigón y de la propia longitud de anclaje, por lo que su formulación es complicada y se ha recurrido a la siguiente formulación simplificada:

Para barras en posición I:

$$l_{bl} = m \cdot \phi^2 \cdot \frac{f_{yk}}{20}$$

Para barras en posición II:

$$l_{bl} = 1,4 m \cdot \phi^2 \cdot \frac{f_{yk}}{14}$$

donde:

ϕ Diámetro de la barra, en centímetros;

m Coeficiente numérico, con los valores indicados en la tabla 66.5.2.a en función del tipo de acero, obtenido a partir de los resultados experimentales realizados con motivo del ensayo de adherencia de las barras.

f_{yk} Límite elástico garantizado del acero, en N/mm^2 .

La longitud neta de anclaje se define como:

$$l_{b,neto} = l_b \cdot \frac{A_s}{A_{s,real}}$$

donde β es el factor de reducción definido en la tabla 66.5.2.b. En cualquier caso, este valor no será inferior al indicado en 66.5.1.

Tabla 66.5.2.a

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	<i>m</i>	
	B 400 S	B 500 S
25	12	15
30	10	13
35	9	12
40	8	11
45	7	10
50	7	10

Tabla 66.5.2.b
Valores de β

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7 (*)	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

(*) Si el recubrimiento de hormigón perpendicular al plano de doblado es superior a 3ϕ . En caso contrario $\beta=1$.

66.5.3 Reglas especiales para el caso de grupos de barras

Siempre que sea posible, los anclajes de las barras de un grupo se harán por prolongación recta.

Cuando todas las barras del grupo dejan de ser necesarias en la misma sección, la longitud de anclaje de las barras será como mínimo:

- 1,3 l_b para grupos de 2 barras
- 1,4 l_b para grupos de 3 barras
- 1,6 l_b para grupos de 4 barras

siendo l_b la longitud de anclaje correspondiente a una barra aislada.

Cuando las barras del grupo dejan de ser necesarias en secciones diferentes, a cada barra se le dará la longitud de anclaje que le corresponda según el siguiente criterio:

- 1,2 l_b si va acompañada de 1 barra en la sección en que deja de ser necesaria;
- 1,3 l_b si va acompañada de 2 barras en la sección en que deja de ser necesaria;
- 1,4 l_b si va acompañada de 3 barras en la sección en que deja de ser necesaria;

teniendo en cuenta que, en ningún caso los extremos finales de las barras pueden distar entre sí menos de la longitud l_b (figura 66.5.3).

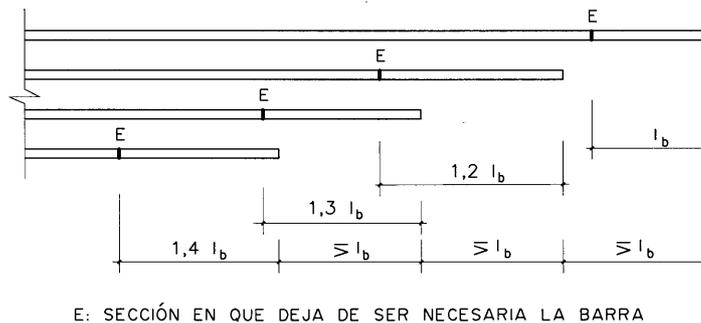


Figura 66.5.3

66.5.4 Anclaje de mallas electrosoldadas

La longitud neta de anclaje de las mallas corrugadas se determinará de acuerdo con la fórmula:

$$l_{b,neto} = l_b \frac{A_s}{A_{real}}$$

siendo l_b el valor indicado en las fórmulas dadas en 66.5.2.

Si en la zona de anclaje existe al menos una barra transversal soldada, la longitud neta de anclaje se reducirá en el 30 por 100.

En todo caso, la longitud neta de anclaje no será inferior a los valores mínimos indicados en 66.5.1.

66.6 Empalme de las armaduras pasivas

66.6.1 Generalidades

Los empalmes entre barras deben diseñarse de manera que la transmisión de fuerzas de una barra a la siguiente quede asegurada, sin que se produzcan desconchados o cualquier otro tipo de daño en el hormigón próximo a la zona de empalme.

No se dispondrán más que aquellos empalmes indicados en los planos y los que autorice el Director de Obra. Se procurará que los empalmes queden alejados de las zonas en las que la armadura trabaje a su máxima carga.

Los empalmes podrán realizarse por solapo o por soldadura. Se admiten también otros tipos de empalme, con tal de que los ensayos con ellos efectuados demuestren que esas uniones

poseen permanentemente una resistencia a la rotura no inferior a la de la menor de las 2 barras empalmadas, y que el deslizamiento relativo de las armaduras empalmadas no rebase 0,1 mm, para cargas de servicio (situación poco probable).

Como norma general, los empalmes de las distintas barras en tracción de una pieza, se distanciarán unos de otros de tal modo que sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, una longitud igual o mayor a l_b (figura 66.6.1).

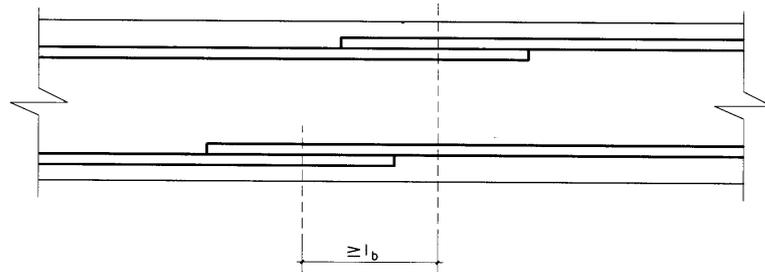


Figura 66.6.1

66.6.2 Empalmes por solapo

Este tipo de empalmes se realizará colocando las barras una al lado de otra, dejando una separación entre ellas de 4ϕ como máximo. Para armaduras en tracción esta separación no será menor que la prescrita en 66.4.

La longitud de solapo será igual a:

$$l_s = ? l_{b,neto}$$

siendo $l_{b,neto}$ el valor de la longitud neta de anclaje definida en 66.5.2, y a el coeficiente definido en la tabla 66.6.2, función del porcentaje de armadura solapada en una sección respecto a la sección total de acero de esa misma sección, de la distancia transversal entre empalmes (según se define en la figura 66.6.2) y del tipo de esfuerzo de la barra.

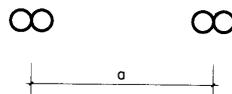


Figura 66.6.2

Tabla 66.6.2
Valores de a

Distancia entre los empalmes más próximos (figura 66.6.2.a)	Porcentaje de barras solapadas trabajando a tracción, con relación a la sección total de acero	Barras solapadas trabajando normalmente a compresión en cualquier
---	--	---

						porcentaje
	20	25	33	50	>50	
$a \leq 10 \varnothing$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,0
$a > 10 \varnothing$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,0

Para barras de diámetro mayor que 32 mm, sólo se admitirán los empalmes por solapo si, en cada caso y mediante estudios especiales, se justifica satisfactoriamente su correcto comportamiento.

En la zona de solapo deberán disponerse armaduras transversales con sección igual o superior a la sección de la mayor barra solapada.

66.6.3 Empalme por solapo de grupos de barras

Para el empalme por solapo de un grupo de barras, se añadirá una barra suplementaria en toda la zona afectada por los empalmes de diámetro igual al mayor de las que forman el grupo. Cada barra se colocará enfrentada a tope a aquélla que va a empalmar. La separación entre los distintos empalmes y la prolongación de la barra suplementaria será de $1,2l_b$ ó $1,3l_b$ según sean grupos de dos o tres barras (figura 66.6.3).

Se prohíbe el empalme por solapo en los grupos de cuatro barras.

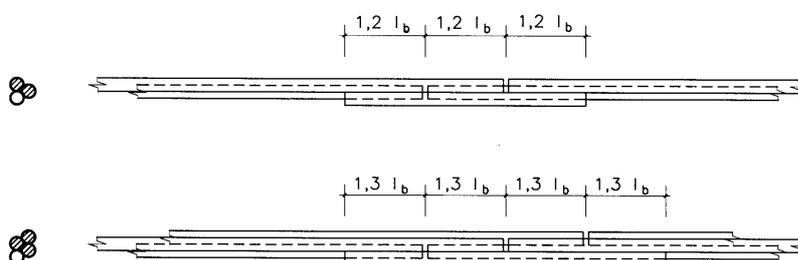


Figura 66.6.3

66.6.4 Empalmes por solapo de mallas electrosoldadas

Se consideran dos posiciones de solapo, según la disposición de las mallas: acopladas (figura 66.6.4.a) y superpuestas o en capas (figuras 66.6.4.b y 66.6.4.c).

A) Solapo de mallas acopladas:

La longitud del solapo será $a l_{b,neto}$, siendo $l_{b,neto}$ el valor dado en 66.5.4 y a el coeficiente indicado en la tabla 66.6.2.

Para cargas predominantemente estáticas, se permite el solapo del 100 por 100 de la armadura en la misma sección. Para cargas dinámicas sólo se permite el solapo del 100 por 100, si toda la armadura está dispuesta en una capa; y del 50 por 100 en caso contrario. En este último

caso, los solapos se distanciarán entre sí la longitud $l_{b,net}$.

B) Solapo de mallas superpuestas:

La longitud del solapo será de $1,7 l_b$ cuando la separación entre elementos solapados sea superior a 10ϕ , aumentando a $2,4 l_b$ cuando dicha separación sea inferior a 10ϕ .

En todos los casos, la longitud mínima del solapo no será inferior al mayor de los siguientes valores:

- a) 15ϕ
- b) 20 cm

Se procurará situar los solapos en zonas donde las tensiones de la armadura no superen el 80 por 100 de las máximas posibles. La proporción de elementos que pueden ser solapados será del 100 por 100 si se dispone una sola capa de mallas, y del 60 por 100 si se disponen varias capas. En este caso, la distancia mínima entre solapos deberá ser de $1,5l_b$. Con barras dobles de $\phi > 8,5$ mm, sólo se permite solapar, como máximo, el 60 por 100 de la armadura.

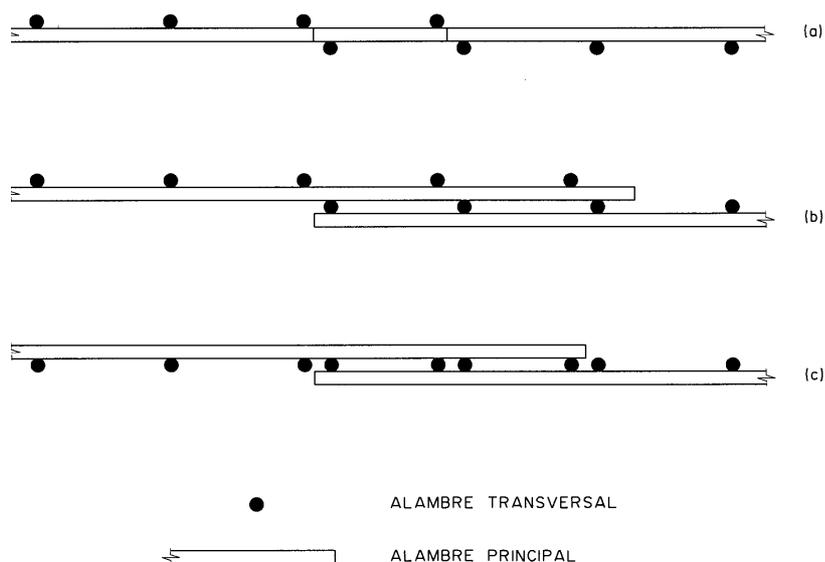


Figura 66.6.4

66.6.5 Empalmes por soldadura

Los empalmes por soldadura deberán realizarse de acuerdo con los procedimientos de soldadura descritos en la UNE 36832:97, y ejecutarse por operarios debidamente cualificados.

Las superficies a soldar deberán encontrarse secas y libres de todo material que pudiera afectar a la calidad de la soldadura.

Queda expresamente prohibida la soldadura de armaduras galvanizadas o con recubrimientos epoxídicos.

No podrán disponerse empalmes por soldadura en los tramos de fuerte curvatura del

trazado de las armaduras.

Las soldaduras a tope de barras de distinto diámetro podrán realizarse siempre que la diferencia entre diámetros sea inferior a 3 milímetros.

No se podrán realizar soldaduras en periodos de intenso viento, cuando esté lloviendo o nevando, a menos que se adopten las debidas precauciones, tales como la disposición de pantallas o cubiertas protectoras, y se proteja adecuadamente la soldadura para evitar un enfriamiento rápido. Bajo ninguna circunstancia se llevará a cabo una soldadura sobre una superficie que se encuentre a una temperatura igual o inferior a 0°C inmediatamente antes de soldar.

66.6.6 Empalmes mecánicos

Los empalmes realizados mediante dispositivos mecánicos de unión deberán realizarse de acuerdo con los procedimientos establecidos por los fabricantes.

Los dispositivos de empalme deberán tener, al menos, la misma capacidad resistente que la menor de las barras que se empalmen y no presentar un desplazamiento relativo mayor que 0,1 mm bajo la tensión de servicio.

Se admite concentrar la totalidad de estos empalmes en una misma sección siempre y cuando no afecte a la colocación del hormigón.

Artículo 67º Colocación y tesado de las armaduras activas

67.1 Generalidades

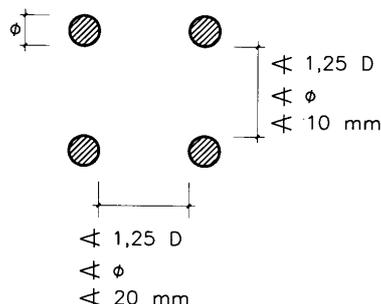
Según su forma de colocación en las piezas, se distinguen tres tipos de armaduras activas:

- a) armaduras adherentes;
- b) armaduras en vainas o conductos inyectados adherentes;
- c) armaduras en vainas o conductos inyectados no adherentes.

En el momento de su puesta en obra, las armaduras activas deberán estar bien limpias, sin trazas de óxido, grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación o su adherencia. No presentarán indicios de corrosión, defectos superficiales aparentes, puntos de soldadura, pliegues o dobleces.

Se prohíbe el enderezamiento en obra de las armaduras activas.

No podrán utilizarse, en un mismo tendón, aceros de pretensado de diferentes características, a no ser que se demuestre que no existe riesgo alguno de corrosión electrolytica en tales aceros.



67.2 Colocación de las armaduras activas

El trazado real de los tendones se ajustará a lo indicado en el proyecto, colocando los puntos de apoyo necesarios para mantener las armaduras y vainas en su posición correcta. Las distancias entre estos puntos serán tales que aseguren el cumplimiento de las tolerancias de regularidad de trazado indicadas en el Artículo 96°.

Los apoyos que se dispongan para mantener este trazado deberán ser de tal naturaleza que no den lugar, una vez endurecido el hormigón, a fisuras ni filtraciones.

Por otra parte, las armaduras activas o sus vainas se sujetarán convenientemente para impedir que se muevan durante el hormigonado y vibrado, quedando expresamente prohibido el empleo de la soldadura con este objeto.

La posición de los tendones dentro de sus vainas o conductos deberá ser la adecuada, recurriendo, si fuese preciso, al empleo de separadores.

Cuando se utilicen armaduras pretesas, conviene aplicarles una pequeña tensión previa y comprobar que, tanto los separadores y placas extremas como los alambres, están bien alineados y que éstos no se han enredado ni enganchado.

Antes de autorizar el hormigonado, y una vez colocadas y, en su caso, tesas las armaduras, se comprobará si su posición, así como la de las vainas, anclajes y demás elementos, concuerdan con la indicada en los planos, y si las sujeciones son las adecuadas para garantizar su invariabilidad durante el hormigonado y vibrado. Si fuera preciso, se efectuarán las oportunas rectificaciones.

67.3 Distancias entre armaduras activas

La separación de los conductos o de los tendones de pretensado será tal que permita la adecuada colocación y compactación del hormigón, y garantice una correcta adherencia entre los tendones o las vainas y el hormigón.

67.3.1 Armaduras pretesas

Las armaduras pretesas deberán colocarse separadas. La separación libre mínima de los tendones individuales, tanto en horizontal como en vertical, será igual o superior al mayor de los valores siguientes (ver figura 67.3.1.):

- a) Veinte milímetros para la separación horizontal y diez milímetros para la separación vertical.
- b) El diámetro de la mayor.
- c) 1,25 veces el tamaño máximo del árido para la separación horizontal y 0,8 veces para la separación vertical (ver 28.2).

Figura 67.3.1

67.3.2 Armaduras postesas

Como norma general, se admite colocar en contacto diversas vainas formando grupo, limitándose a dos en horizontal y a no más de cuatro en su conjunto. Para ello, las vainas deberán ser corrugadas y, a cada lado del conjunto, habrá de dejarse espacio suficiente para que pueda introducirse un vibrador normal interno.

Las distancias libres entre vainas o grupos de vainas en contacto, o entre estas vainas y las demás armaduras, deberán ser al menos iguales al mayor de los valores siguientes:

En dirección vertical:

- a) El diámetro de la vaina.
- b) La dimensión vertical de la vaina, o grupo de vainas.
- c) 5 centímetros

En dirección horizontal:

- a) El diámetro de la vaina.
- b) La dimensión horizontal de la vaina.
- c) 4 centímetros.
- d) 1,6 veces la mayor de las dimensiones de las vainas individuales que formen un grupo de vainas.

67.4 Adherencia de las armaduras activas al hormigón

Se define la longitud de transmisión de una armadura dada como la necesaria para transferir al hormigón por adherencia la fuerza de pretensado introducida en dicha armadura, y por longitud de anclaje, la necesaria para garantizar la resistencia del anclaje por adherencia, hasta la rotura del acero. Las longitudes de transmisión y anclaje se determinarán, en general, experimentalmente.

67.5 Empalmes de las armaduras activas

Los empalmes se efectuarán en las secciones indicadas en el proyecto y se dispondrán en alojamientos especiales de la longitud suficiente para que puedan moverse libremente durante el tesado.

En general, los acopladores se situarán distantes de los apoyos intermedios, evitándose su colocación en más de la mitad de los tendones de una misma sección transversal.

67.6 Colocación de los dispositivos de anclaje

El montaje de los dispositivos de anclaje se realizará siguiendo estrictamente las instrucciones del suministrador.

Las placas de reparto de los anclajes se colocarán perpendicularmente al trazado de los tendones, para poder aplicar después correctamente los gatos. Deberán evitarse desviaciones geométricas en los anclajes, con el fin de que los tendones, al llegar a ellos, no experimenten cambios angulares bruscos en su trazado.

Los dispositivos de anclaje deberán poderse fijar de un modo eficaz al encofrado o molde, de tal forma que no se descoloquen durante el hormigonado y vibrado de la pieza; y se empalmarán correctamente a las vainas o conductos, para evitar escapes del producto de inyección por las juntas.

Antes del tesado, se limpiarán todas las piezas del anclaje para eliminar cualquier sustancia (grasa, pintura, etc.) que pueda resultar perjudicial para su eficaz comportamiento.

En la colocación del hormigón alrededor de las cabezas de anclaje, es importante cuidar su compactación para que no se formen huecos ni coqueras y todos los elementos de anclaje queden bien recubiertos y protegidos.

67.7 Colocación de desviadores

Los desviadores utilizados en los sistemas de pretensado interior no adherente tienen que satisfacer los siguientes requisitos:

- Soportar las fuerzas longitudinales y transversales que el tendón le transmite y, a su vez, transmitir estas fuerzas a la estructura.
- Asegurar, sin discontinuidades angulares inaceptables, la continuidad entre dos secciones rectas del tendón.

Los desviadores se colocarán siguiendo estrictamente las instrucciones del suministrador.

67.8 Tesado de las armaduras activas

67.8.1 Generalidades

El tesado deberá realizarse de acuerdo con un plan previamente establecido, en el cual deberán tenerse en cuenta las recomendaciones del fabricante del sistema utilizado. En particular, se cuidará de que el gato apoye perpendicularmente y centrado sobre el anclaje.

El tesado se efectuará por operarios cualificados que posean la competencia y experiencia

necesarias. Esta operación se vigilará y controlará cuidadosamente adoptándose las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier daño a personas.

El tesado, efectuado por uno o los dos extremos del elemento, según el programa establecido, se realizará de forma que las tensiones aumenten lenta y progresivamente hasta alcanzar el valor fijado en el proyecto.

El tesado a bajas temperaturas requiere precauciones especiales.

Si durante el tesado se rompe uno o más elementos de los que constituyen la armadura, podrá alcanzarse la fuerza total de pretensado necesaria aumentando la tensión en los restantes, siempre que para ello no sea preciso elevar la tensión en cada elemento individual en más de un 5% del valor inicialmente previsto. La aplicación de tensiones superiores requiere un nuevo estudio del proyecto original; estudio que deberá efectuarse basándose en las características mecánicas de los materiales realmente utilizados. En todos estos casos, será preciso realizar la correspondiente comprobación de la pieza o elemento estructural que se tesa, teniendo en cuenta las nuevas condiciones en que se encuentra.

La pérdida total en la fuerza de pretensado, originada por la rotura de elementos irremplazables de la armadura, no podrá exceder nunca del 2% de la fuerza total de pretensado indicada en el proyecto.

67.8.2 Programa de tesado

En el programa de tesado deberá hacerse constar expresamente:

A) Armaduras pretesas:

- El orden de tesado de las armaduras; eventualmente, las sucesivas etapas parciales de pretensado.
- La presión o fuerza que no debe sobrepasarse en los gatos.
- El valor de la carga de tesado en los anclajes.
- Los alargamientos que deben obtenerse teniendo en cuenta, en su caso, los movimientos originados por la penetración de la cuña.
- El modo y secuencia que deberá seguirse para la liberación de los tendones.
- La resistencia requerida al hormigón en el momento de la transferencia.

B) Armaduras postesas:

- El orden de tesado de las armaduras.
- La presión o fuerza que debe desarrollarse en el gato.
- El alargamiento previsto y la máxima penetración de cuña.
- El momento de retirada de las cimbras durante el tesado, en su caso.
- La resistencia requerida al hormigón antes del tesado.
- El número, tipo y localización de los acopladores.

El tesado no se iniciará sin la autorización previa de la Dirección de Obra, el cual comprobará la idoneidad del programa de tesado propuesto, así como la resistencia alcanzada por el hormigón, que deberá ser igual o superior a la establecida en proyecto para poder comenzar dicha maniobra.

67.8.3 Tensión máxima inicial admisible en las armaduras

Con el fin de disminuir diversos riesgos durante la construcción (rotura de armaduras activas, corrosión bajo tensión, daños corporales, etc.), el valor máximo de la tensión inicial introducida en las armaduras σ_{p0} antes de anclarlas, no será superior a los valores indicados en 20.2.1.

67.8.4 Control del tesado. Alargamiento

El control de la magnitud de la fuerza de pretensado introducida, se realizará midiendo simultáneamente el esfuerzo ejercido por el gato y el alargamiento experimentado por la armadura.

El esfuerzo de tracción ejercido por el gato deberá ser igual al indicado en el programa de tesado que figure en el proyecto. Los dispositivos de tesado y los aparatos de medida utilizados, deberán ser tales que permitan garantizar que la fuerza de pretensado introducida en las armaduras no difiere de la indicada en el referido programa de tesado en más del 5%.

Los valores de los alargamientos se medirán con una precisión no inferior al 2% del recorrido total; y no podrán diferir de los previstos en el programa de tesado en más del 15% para un tendón particular, ni del 5% para la suma de todos los valores de tendones en la misma sección. En caso de que esta diferencia sea superada, se adoptarán las oportunas medidas para su corrección.

Todos los aparatos de medida utilizados, deberán contrastarse con la frecuencia necesaria para poder garantizar, en cualquier momento, que la precisión de las mediciones efectuadas cumplen los criterios que en los párrafos anteriores quedan señalados.

Para facilitar el control, se llevará una tabla de tesado, consistente en un impreso, con el correspondiente encasillado, en el que se anotarán, por una parte, todos los datos del programa de tesado previsto en proyecto, así como los necesarios para la identificación de cada tendón; y por otra, los resultados registrados durante la ejecución del tesado.

Durante las operaciones de tesado se anotarán, en las oportunas casillas de la tabla, y enfrentados con los correspondientes valores teóricos para su fácil y rápida comprobación, los resultados reales obtenidos, es decir, las lecturas registradas en los aparatos utilizados para medir las fuerzas introducidas y los correspondientes alargamientos. Asimismo, se harán constar todos los incidentes que hayan podido surgir en el transcurso de la operación de tesado.

67.8.5 Retesado de armaduras postesas

Se entiende por retesado cualquier operación de tesado efectuada sobre un tendón con posterioridad a la de su tesado inicial.

Sólo está justificado cuando se considere preciso para uniformar las tensiones de los diferentes tendones de un mismo elemento, o cuando, de acuerdo con el programa previsto en el proyecto, el tesado se realice en etapas sucesivas.

Debe evitarse el retesado que tenga como único objeto disminuir las pérdidas diferidas de tensión, salvo que circunstancias especiales así lo exijan.

67.8.6 Destesado de las armaduras pretesas

El destesado es la operación mediante la cual se transmite el esfuerzo de pretensado de las armaduras al hormigón, en el caso de armaduras pretesas, y se efectúa soltándolas de sus anclajes provisionales extremos.

Antes de proceder al destesado, deberá comprobarse que el hormigón ha alcanzado la resistencia necesaria para poder soportar las tensiones transmitidas por las armaduras, y deberán eliminarse todos los obstáculos capaces de impedir el libre movimiento de las piezas de hormigón.

Si el destesado se realiza elemento por elemento la operación deberá hacerse de acuerdo con un orden preestablecido con el fin de evitar asimetrías, que pueden resultar perjudiciales en el esfuerzo de pretensado.

Deberán preverse los dispositivos adecuados que permitan realizar el destesado de un modo lento, gradual y uniforme, sin sacudidas bruscas.

Una vez sueltas las armaduras de sus amarres extremos y liberadas también las coacciones que puedan existir entre las sucesivas piezas de cada bancada, se procederá a cortar las puntas de las armaduras que sobresalgan de las testas de dichas piezas, si es que éstas van a quedar expuestas y no embebidas en el hormigón.

Artículo 68º Dosificación del hormigón

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

- a) La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón será la establecida en 37.3.2.
- b) La cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón será de 400 kg. En casos excepcionales, previa justificación experimental y autorización expresa de la Dirección de Obra, se podrá superar dicho límite.
- c) No se utilizará una relación agua/cemento mayor que la máxima establecida en 37.3.2.

En dicha dosificación se tendrán en cuenta, no sólo la resistencia mecánica y la consistencia que deban obtenerse, sino también el tipo de ambiente al que va a estar sometido el hormigón, por los posibles riesgos de deterioro de éste o de las armaduras a causa del ataque de agentes exteriores.

Para establecer la dosificación (o dosificaciones, si son varios los tipos de hormigón exigidos), el constructor deberá recurrir, en general, a ensayos previos en laboratorio, con objeto de conseguir que el hormigón resultante satisfaga las condiciones que se le exigen en los Artículos 30º y 37º, así como las especificadas en el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En los casos en que el constructor pueda justificar documentalmente que, con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos, es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones anteriormente mencionadas y, en particular, la resistencia exigida, podrá prescindirse de los citados ensayos previos.

Artículo 69º Fabricación y transporte a obra del hormigón

69.1 Prescripciones generales

La fabricación de hormigón requiere:

- Almacenamiento de materias primas.
- Instalaciones de dosificación.

- Equipo de amasado.

Las materias primas se almacenarán y transportarán de forma tal que se evite todo tipo de entremezclado, contaminación, deterioro o cualquier otra alteración significativa en sus características. Se tendrá en cuenta lo previsto en los Artículos 26º, 27º, 28º y 29º para estos casos.

La dosificación de cemento, de los áridos, y en su caso, de las adiciones, se realizará en peso. La dosificación de cada material deberá ajustarse a lo especificado para conseguir una adecuada uniformidad entre amasadas.

Las materias primas se amasarán de forma tal que se consiga su mezcla íntima y homogénea, debiendo resultar el árido bien recubierto de pasta de cemento. La homogeneidad del hormigón se comprobará de acuerdo al procedimiento establecido en 69.2.5.

69.2 Hormigón fabricado en central

69.2.1 Generalidades

Se entenderá como central de fabricación de hormigón, el conjunto de instalaciones y equipos que, cumpliendo con las especificaciones que se contienen en los apartados siguientes, comprende:

- Almacenamiento de materias primas.
- Instalaciones de dosificación.
- Equipos de amasado.
- Equipos de transporte, en su caso.
- Control de producción.

En cada central habrá una persona responsable de la fabricación, con formación y experiencia suficiente, que estará presente durante el proceso de producción y que será distinta del responsable del control de producción.

Las centrales pueden pertenecer o no a las instalaciones propias de la obra.

Para distinguir ambos casos, en el marco de esta Instrucción se denominará hormigón preparado a aquel que se fabrica en una central que no pertenece a las instalaciones propias de la obra y que está inscrita en el Registro Industrial según el Título 4º de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria y el Real Decreto 697/1995 de 28 de abril, estando dicha inscripción a disposición del peticionario y de las Administraciones competentes

69.2.2 Almacenamiento de materias primas

El cemento, los áridos y, en su caso, las adiciones se almacenarán según lo prescrito en 26.3, 28.5 y 29.2.3 respectivamente.

Si existen instalaciones para almacenamiento de agua o aditivos, serán tales que eviten cualquier contaminación.

Los aditivos pulverulentos se almacenarán en las mismas condiciones que los cementos.

Los aditivos líquidos y los pulverulentos diluidos en agua se deben almacenar en depósitos protegidos de la helada y que dispongan de elementos agitadores para mantener los sólidos en suspensión.

69.2.3 Instalaciones de dosificación

Las instalaciones de dosificación dispondrán de silos con compartimientos adecuados y separados para cada una de las fracciones granulométricas necesarias de árido. Cada compartimiento de los silos será diseñado y montado de forma que pueda descargar con eficacia, sin atascos y con una segregación mínima, sobre la tolva de la báscula.

Deberán existir los medios de control necesarios para conseguir que la alimentación de estos materiales a la tolva de la báscula pueda ser cortada con precisión cuando se llega a la cantidad deseada.

Las tolvas de las básculas deberán estar construidas de forma que puedan descargar completamente todo el material que se ha pesado.

Los instrumentos indicadores deberán estar completamente a la vista y lo suficientemente cerca del operador para que pueda leerlos con precisión mientras se está cargando la tolva de la báscula. El operador deberá tener un acceso fácil a todos los instrumentos de control.

Bajo cargas estáticas, las básculas deberán tener una precisión del 0,5 por 100 de la capacidad total de la escala de la báscula. Para comprobarlo deberá disponerse de un conjunto adecuado de pesas patrón.

Se deberán mantener perfectamente limpios todos los puntos de apoyo, las articulaciones y partes análogas de las básculas.

El medidor de agua deberá tener una precisión tal que no se rebase la tolerancia de dosificación establecida en 69.2.4.

Los dosificadores para aditivos estarán diseñados y marcados de tal forma que se pueda medir con claridad la cantidad de aditivo correspondiente a 50 kilogramos de cemento.

69.2.4 Dosificación de materias primas

69.2.4.1 Cemento

El cemento se dosificará en peso, utilizando básculas y escalas distintas de las utilizadas para los áridos. La tolerancia en peso de cemento será del ± 3 por 100.

69.2.4.2 Áridos

Los áridos se dosificarán en peso, teniendo en cuenta las correcciones por humedad. Para la medición de la humedad superficial, la central dispondrá de elementos que aporten este dato de forma automática.

El árido deberá componerse de al menos dos fracciones granulométricas, para tamaños máximos iguales o inferiores a 20 mm, y de tres fracciones granulométricas para tamaños máximos mayores.

Si se utiliza un árido total suministrado, el fabricante del mismo deberá proporcionar la granulometría y tolerancias de fabricación del mismo, a fin de poder definir un huso granulométrico probable que asegure el control de los áridos de la fórmula de trabajo.

La tolerancia en peso de los áridos, tanto si se utilizan básculas distintas para cada fracción de árido, como si la dosificación se realiza acumulada, será del $\pm 3\%$.

69.2.4.3 Agua

El agua de amasado está constituida, fundamentalmente, por la directamente añadida a la amasada, la procedente de la humedad de los áridos y, en su caso, la aportada por aditivos líquidos.

El agua añadida directamente a la amasada se medirá por peso o volumen, con una tolerancia del $\pm 1\%$.

En el caso de amasadoras móviles (camiones hormigonera) se medirá con exactitud cualquier cantidad de agua de lavado retenida en la cuba para su empleo en la siguiente amasada. Si esto es prácticamente imposible, el agua de lavado deberá ser eliminada antes de cargar la siguiente amasada del hormigón.

El agua total se determinará con una tolerancia del $\pm 3\%$ de la cantidad total prefijada.

69.2.4.4 Aditivos

Los aditivos pulverulentos deberán ser medidos en peso, y los aditivos en pasta o líquidos, en peso o en volumen.

En ambos casos, la tolerancia será el $\pm 5\%$ del peso o volumen requeridos.

69.2.4.5. Adiciones

Cuando se utilicen, las adiciones se dosificarán en peso, empleando básculas y escalas distintas de las utilizadas para los áridos. La tolerancia en peso de adiciones será del ± 3 por 100.

69.2.5 Equipos de amasado

Los equipos pueden estar constituidos por amasadoras fijas o móviles capaces de mezclar los componentes del hormigón de modo que se obtenga una mezcla homogénea y completamente amasada, capaz de satisfacer los dos requisitos del Grupo A y al menos dos de los del Grupo B, de la Tabla 69.2.5.

Estos equipos se examinarán con la frecuencia necesaria para detectar la presencia de residuos de hormigón o mortero endurecido, así como desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior, procediéndose, en caso necesario, a comprobar el cumplimiento de los requisitos anteriores.

Las amasadoras, tanto fijas como móviles, deberán ostentar, en un lugar destacado, una placa metálica en la que se especifique:

- para las fijas, la velocidad de amasado y la capacidad máxima del tambor, en términos de volumen de hormigón amasado;
- para las móviles, el volumen total del tambor, su capacidad máxima en términos de volumen de hormigón amasado, y las velocidades máxima y mínima de rotación.

Tabla 69.2.5

Comprobación de la homogeneidad del hormigón. Deberán obtenerse resultados satisfactorios en los dos ensayos del grupo A y en al menos dos de los cuatro del grupo B

ENSAYOS		Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga)
Grupo A	1. Consistencia (UNE 83313:90) Si el asiento medio es igual o inferior a 9 cm	3 cm
	Si el asiento medio es superior a 9 cm	4 cm
	2. Resistencia (*) En porcentajes respecto a la media	7,5 %
Grupo B	3. Densidad del hormigón (UNE 83317:91) En kg/m ³	16 kg/m ³
	4. Contenido de aire (UNE 83315:96) En porcentaje respecto al volumen del hormigón	1 %
	5. Contenido de árido grueso (UNE 7295:76) En porcentaje respecto al peso de la muestra tomada	6 %
	6. Módulo granulométrico del árido (UNE 7295:76)	0,5

(*) Por cada muestra se romperán a compresión, a 7 días y según el método de ensayo UNE 83304:84, dos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Estas probetas serán confeccionadas y conservadas según el método de ensayo UNE 83301:91. Se determinará la medida de cada una de las dos muestras como porcentaje de la media total.

69.2.6 Amasado

El amasado del hormigón se realizará mediante uno de los procedimientos siguientes:

- totalmente en amasadora fija;
- iniciado en amasadora fija y terminado en amasadora móvil, antes de su transporte;
- en amasadora móvil, antes de su transporte.

69.2.7 Transporte

Para el transporte del hormigón se utilizarán procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.

El tiempo transcurrido entre la adición de agua del amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser

inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.

Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón e impedir que se cumpla lo estipulado en 69.2.5.

El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

69.2.8 Designación y características

El hormigón fabricado en central podrá designarse por propiedades o por dosificación. En ambos casos deberá especificarse, como mínimo:

- La consistencia.
- El tamaño máximo del árido.
- El tipo de ambiente al que va a estar expuesto el hormigón.
- La resistencia característica a compresión (véase 39.1), para hormigones designados por propiedades.
- El contenido de cemento, expresado en kilos por metro cúbico (kg/m^3), para hormigones designados por dosificación.
- La indicación de si el hormigón va a ser utilizado en masa, armado o pretensado.

Cuando la designación del hormigón fuese por propiedades, el suministrador establecerá la composición de la mezcla del hormigón, garantizando al peticionario las características especificadas de tamaño máximo del árido, consistencia y resistencia característica, así como las limitaciones derivadas del tipo de ambiente especificado (contenido de cemento y relación agua/cemento).

La designación por propiedades se realizará según lo indicado en 39.2.

Cuando la designación del hormigón fuese por dosificación, el peticionario es responsable de la congruencia de las características especificadas de tamaño máximo del árido, consistencia y contenido en cemento por metro cúbico de hormigón, mientras que el suministrador deberá garantizarlas, al igual que deberá indicar la relación agua/cemento que ha empleado.

Cuando el peticionario solicite hormigón con características especiales u otras además de las citadas anteriormente, las garantías y los datos que el suministrador deba darle serán especificados antes de comenzar el suministro.

Antes de comenzar el suministro, el peticionario podrá pedir al suministrador una demostración satisfactoria de que los materiales componentes que van a emplearse cumplen los requisitos indicados en los Artículos 26º, 27º, 28º y 29º.

En ningún caso se emplearán adiciones ni aditivos sin el conocimiento del peticionario y sin la autorización de la Dirección de Obra.

69.2.9 Entrega y recepción

69.2.9.1 Documentación

Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:

1. Nombre de la central de fabricación de hormigón.
2. Número de serie de la hoja de suministro.
3. Fecha de entrega.
4. Nombre del peticionario y del responsable de la recepción, según 69.2.9.2.
5. Especificación del hormigón.
 - a) En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:
 - Designación de acuerdo con el apartado 39.2.
 - Contenido de cemento en kilos por metro cúbico (kg/m^3) de hormigón, con una tolerancia de ± 15 kg.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:
 - Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - El tipo de ambiente de acuerdo con la Tabla 8.2.2
 - b) Tipo, clase y marca del cemento.
 - c) Consistencia.
 - d) Tamaño máximo del árido.
 - e) Tipo de aditivo, según UNE-EN 934-2:98, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
 - f) Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) (29.2) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
6. Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
7. Cantidad del hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
8. Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga, según 69.2.9.2.
9. Hora límite de uso para el hormigón.

69.2.9.2 Recepción

El comienzo de la descarga del hormigón desde el equipo de transporte del suministrador, en el lugar de la entrega, marca el principio del tiempo de entrega y recepción del hormigón, que durará hasta finalizar la descarga de éste.

La Dirección de Obra, o la persona en quien delegue, es el responsable de que el control de recepción se efectúe tomando las muestras necesarias, realizando los ensayos de control precisos, y siguiendo los procedimientos indicados en el Capítulo XV.

Cualquier rechazo de hormigón basado en los resultados de los ensayos de consistencia (y aire ocluido, en su caso) deberá ser realizado durante la entrega. No se podrá rechazar ningún

hormigón por estos conceptos sin la realización de los ensayos oportunos.

Queda expresamente prohibida la adición al hormigón de cualquier cantidad de agua u otras sustancias que puedan alterar la composición original de la masa fresca. No obstante, si el asiento en cono de Abrams es menor que el especificado, según 30.6, el suministrador podrá adicionar aditivo fluidificante para aumentarlo hasta alcanzar dicha consistencia, sin que ésta rebase las tolerancias indicadas en el mencionado apartado. Para ello, el elemento de transporte (camión hormigonera) deberá estar equipado con el correspondiente equipo dosificador de aditivo y reamasar el hormigón hasta dispersar totalmente el aditivo añadido. El tiempo de reamasado será de al menos 1 min/m^3 , sin ser en ningún caso inferior a 5 minutos.

La actuación del suministrador termina una vez efectuada la entrega del hormigón y siendo satisfactorios los ensayos de recepción del mismo.

En los acuerdos entre el peticionario y el suministrador deberá tenerse en cuenta el tiempo que, en cada caso, pueda transcurrir entre la fabricación y la puesta en obra del hormigón.

69.3 Hormigón no fabricado en central

Los medios para la fabricación del hormigón comprenden:

- Almacenamiento de materias primas.
- Instalaciones de dosificación.
- Equipo de amasado.

Las dispersiones en la calidad del hormigón a que habitualmente conduce este sistema de fabricación no hace aconsejable su empleo como norma general. En caso de utilizarse, convendrá extremar las precauciones en la dosificación, fabricación y control.

Para el almacenamiento de materias primas, se tendrá en cuenta lo previsto en los artículos 26º, 27º, 28º y 29º.

La dosificación de cemento se realizará en peso, pudiendo dosificarse los áridos por peso o volumen. No es recomendable este segundo procedimiento por las fuertes dispersiones a que suele dar lugar.

El amasado se realizará con un período de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a noventa segundos.

El fabricante de este tipo de hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada expresamente por la Dirección de Obra. Asimismo, será responsable de que los operarios encargados de las operaciones de dosificación y amasado tengan acreditada suficiente formación y experiencia.

En la obra existirá, a disposición de la Dirección de Obra, un libro custodiado por el fabricante del hormigón que contendrá la dosificación, o dosificaciones nominales a emplear en la obra, así como cualquier corrección realizada durante el proceso, con su correspondiente justificación. En este libro figurará la relación de proveedores de materias primas para la elaboración del hormigón, la descripción de los equipos empleados, y la referencia al documento de calibrado de la balanza para la dosificación del cemento. Asimismo, figurará el registro del número de amasadas empleadas en cada lote y las fechas de hormigonado, con los resultados de los ensayos realizados, en su caso.

Artículo 70º Puesta en obra del hormigón

70.1 Colocación

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

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa.

No se efectuará el hormigonado en tanto no se obtenga la conformidad de la Dirección de Obra, una vez que se hayan revisado las armaduras ya colocadas en su posición definitiva.

El hormigonado de cada elemento se realizará de acuerdo con un plan previamente establecido en el que deberán tenerse en cuenta las deformaciones previsibles de encofrados y cimbras.

70.2 Compactación

La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de las mezclas y de manera tal que se eliminen los huecos y se obtenga un perfecto cerrado de la masa, sin que llegue a producirse segregación. El proceso de compactación deberá prolongarse hasta que refluya la pasta a la superficie y deje de salir aire.

Cuando se utilicen vibradores de superficie el espesor de la capa después de compactada no será mayor de 20 centímetros.

La utilización de vibradores de molde o encofrado deberá ser objeto de estudio, de forma que la vibración se transmita a través del encofrado sea la adecuada para producir una correcta compactación, evitando la formación de huecos y capas de menor resistencia.

El revibrado del hormigón deberá ser objeto de aprobación por parte de la Dirección de Obra.

70.3 Técnicas especiales

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

Artículo 71º Juntas de hormigonado

Las juntas de hormigonado, que deberán, en general, estar previstas en el proyecto, se situarán en dirección lo más normal posible a la de las tensiones de compresión, y allí donde su efecto sea menos perjudicial, alejándolas, con dicho fin, de las zonas en las que la armadura esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada que asegure una unión lo más íntima posible entre el antiguo y el nuevo hormigón.

Cuando haya necesidad de disponer juntas de hormigonado no previstas en el proyecto se dispondrán en los lugares que apruebe la Dirección de Obra, y preferentemente sobre los puntales

de la cimbra. No se reanuda el hormigonado de las mismas sin que hayan sido previamente examinadas y aprobadas, si procede, por el Director de Obra.

Si el plano de una junta resulta mal orientado, se demolerá la parte de hormigón necesaria para proporcionar a la superficie la dirección apropiada.

Antes de reanudar el hormigonado, se retirará la capa superficial de mortero, dejando los áridos al descubierto y se limpiará la junta de toda suciedad o árido que haya quedado suelto. En cualquier caso, el procedimiento de limpieza utilizado no deberá producir alteraciones apreciables en la adherencia entre la pasta y el árido grueso. Expresamente se prohíbe el empleo de productos corrosivos en la limpieza de juntas.

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

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

Artículo 72º Hormigonado en tiempo frío

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados.

En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento de hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material. En el caso de que se produzca algún tipo de daño, deberán realizarse los ensayos de información (véase Artículo 89º) necesarios para estimar la resistencia realmente alcanzada, adoptándose, en su caso, las medidas oportunas.

El empleo de aditivos anticongelantes requerirá una autorización expresa, en cada caso, de la Dirección de Obra. Nunca podrán utilizarse productos susceptibles de atacar a las armaduras, en especial los que contienen ión cloro.

Artículo 73º Hormigonado en tiempo caluroso

Cuando el hormigonado se efectúe en tiempo caluroso, se adoptarán las medidas oportunas para evitar la evaporación del agua de amasado, en particular durante el transporte del hormigón y para reducir la temperatura de la masa.

Para ello los materiales constituyentes del hormigón y los encofrados o moldes destinados a recibirlo deberán estar protegidos del soleamiento.

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

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

Artículo 74º Curado del hormigón

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado. Éste se prolongará durante el plazo necesario en función del tipo y clase del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc.

El curado podrá realizarse manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado. El agua empleada en estas operaciones deberá poseer las cualidades exigidas en el Artículo 27º de esta Instrucción.

El curado por aportación de humedad podrá sustituirse por la protección de las superficies mediante recubrimientos plásticos u otros tratamientos adecuados, siempre que tales métodos, especialmente en el caso de masas secas, ofrezcan las garantías que se estimen necesarias para lograr, durante el primer período de endurecimiento, la retención de la humedad inicial de la masa, y no contengan sustancias nocivas para el hormigón.

Si el curado se realiza empleando técnicas especiales (curado al vapor, por ejemplo) se procederá con arreglo a las normas de buena práctica propias de dichas técnicas, previa autorización de la Dirección de Obra.

Artículo 75º Descimbrado, desencofrado y desmoldeo

Los distintos elementos que constituyen los moldes, el encofrado (costeros, fondos, etc.), los apeos y cimbras, se retirarán sin producir sacudidas ni choques en la estructura, recomendándose, cuando los elementos sean de cierta importancia, el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos u otros dispositivos análogos para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

Las operaciones anteriores no se realizarán hasta que el hormigón haya alcanzado la resistencia necesaria para soportar, con suficiente seguridad y sin deformaciones excesivas, los esfuerzos a los que va a estar sometido durante y después del desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

Cuando se trate de obras de importancia y no se posea experiencia de casos análogos, o cuando los perjuicios que pudieran derivarse de una fisuración prematura fuesen grandes, se realizarán ensayos de información (véase Artículo 89º) para estimar la resistencia real del hormigón y poder fijar convenientemente el momento de desencofrado, desmoldeo o descimbrado.

Se tendrán también en cuenta las condiciones ambientales (por ejemplo, heladas) y la necesidad de adoptar medidas de protección una vez que el encofrado, o los moldes, hayan sido retirados.

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

En elementos de hormigón pretensado es fundamental que el descimbrado se efectúe de conformidad con lo dispuesto en el programa previsto a tal efecto al redactar el proyecto de la estructura. Dicho programa deberá estar de acuerdo con el correspondiente al proceso de tesado.

Para facilitar el desencofrado y, en particular, cuando se empleen moldes, se recomienda pintarlos con barnices antiadherentes que cumplan las condiciones prescritas en el Artículo 65º.

Artículo 76º Acabado de superficies

Las superficies vistas de las piezas o estructuras, una vez desencofradas o desmoldeadas, no presentarán coqueras o irregularidades que perjudiquen al comportamiento de la obra o a su aspecto exterior.

Cuando se requiera un particular grado o tipo de acabado por razones prácticas o estéticas, se especificarán los requisitos directamente o bien mediante patrones de superficie.

En general, para el recubrimiento o relleno de las cabezas de anclaje, orificios, entalladuras, cajetines, etc., que deba efectuarse una vez terminadas las piezas, se utilizarán morteros fabricados con masas análogas a las empleadas en el hormigonado de dichas piezas, pero retirando de ellas los áridos de tamaño superior a 4 mm. Todas las superficies de mortero se acabarán de forma adecuada.

Artículo 77º Uniones de continuidad entre elementos prefabricados

Las uniones entre las distintas piezas prefabricadas que constituyen una estructura, o entre dichas piezas y los otros elementos estructurales construidos *in situ*, deberán asegurar la correcta transmisión de los esfuerzos entre cada pieza y las adyacentes a ella.

Se construirán de tal forma que puedan absorberse las tolerancias dimensionales normales de prefabricación, sin originar solicitaciones suplementarias o concentración de esfuerzos en los elementos prefabricados.

Las testas de los elementos que vayan a quedar en contacto, no podrán presentar irregularidades tales que impidan que las compresiones se transmitan uniformemente sobre toda la superficie de aquéllas. El límite admisible para estas irregularidades depende del tipo y espesor de la junta; y no se permite intentar corregirlas mediante enfoscado de las testas con mortero de cemento, o cualquier otro material que no garantice la adecuada transmisión de los esfuerzos sin experimentar deformaciones excesivas.

En las uniones por soldadura deberá cuidarse que el calor desprendido no produzca daños en el hormigón o en las armaduras de las piezas.

Las uniones mediante armaduras postesas exigen adoptar precauciones especiales si estas armaduras son de pequeña longitud. Su empleo es recomendable para rigidizar nudos y están especialmente indicadas para estructuras que deban soportar acciones sísmicas.

Artículo 78º Inyección

78.1 Generalidades

Los principales objetivos de la inyección de los tendones son evitar la corrosión del acero de pretensado y proporcionar una adherencia eficaz entre el hormigón y el acero.

Para conseguirlo es condición básica que todos los huecos de las vainas o conductos y anclajes queden llenos por un material de inyección adecuado (ver Artículo 36º), que posea los requisitos de resistencia y adherencia necesarios.

La inyección debe efectuarse lo más pronto posible después del tesado. Si, por razones constructivas, debiera diferirse, se efectuará una protección provisional de las armaduras, utilizando algún método o material que no impida la ulterior adherencia de los tendones al producto

de inyección.

Además, para asegurar que la inyección de los tendones se realiza de forma correcta y segura es preciso disponer de:

- Personal cualificado, entrenado al efecto.
- Un equipo sólido y seguro, adecuadamente revisado, calibrado y puesto a punto.
- Unas instrucciones escritas y una organización previa sobre los materiales a utilizar y el procedimiento de inyección a seguir.
- Adoptar las precauciones de seguridad adecuadas a cada caso.

78.2 Preparación de la mezcla

Los materiales sólidos utilizados para preparar el producto de inyección deberán dosificarse en peso.

El amasado de dichos materiales se realizará en un aparato mezclador capaz de preparar un producto de inyección de consistencia uniforme y, a ser posible, de carácter coloidal. Se prohíbe el amasado a mano.

El tiempo de amasado depende del tipo de aparato mezclador y debe realizarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En cualquier caso, no será inferior a 2 minutos ni superior a 4 minutos.

Después del amasado, el producto debe mantenerse en movimiento continuo hasta el momento de la inyección. Es esencial que, en ese momento, el producto se encuentre exento de grumos.

En el caso de vainas o conductos verticales, la relación agua/cemento de la mezcla debe ser algo mayor que en las mezclas destinadas a inyectar vainas horizontales.

78.3 Programa de inyección

El programa de inyección debe contener, al menos, los siguientes puntos:

- Las características de la lechada a utilizar, incluyendo el tiempo de utilización y el tiempo de endurecimiento.
- Las características del equipo de inyección, incluyendo presiones y velocidad de inyección.
- Limpieza de los conductos.
- Secuencia de las operaciones de inyección y ensayos a realizar sobre la lechada fresca (fluidez, segregación, etc.).
- Fabricación de probetas para ensayo (exudación, retracción, resistencia, etc.).
- Volumen de lechada que debe prepararse.
- Instrucciones sobre actuaciones a adoptar en caso de incidentes (por ejemplo, fallo durante la inyección), o condiciones climáticas perjudiciales (por ejemplo, durante y después de períodos con temperaturas inferiores a 5°C).

78.4 Ejecución de la inyección

Antes de proceder a la inyección hay que comprobar que se cumplen las siguientes condiciones previas:

- El equipo de inyección se encuentra operativo y se dispone de una bomba de inyección auxiliar para evitar interrupciones en caso de mal funcionamiento.
- Existe un suministro permanente de agua a presión y aire comprimido.
- Se dispone, en exceso, de materiales para el amasado del producto de inyección.
- Las vainas están libres de materiales perjudiciales, por ejemplo, agua o hielo.
- Los orificios de los conductos a inyectar están perfectamente preparados e identificados.
- Se han preparado los ensayos de control de la lechada.

La inyección debe ser continua e ininterrumpida, con una velocidad de avance comprendida entre 5 y 15 metros por minuto. La longitud máxima de inyección no debe superar los 120 metros.

Se prohíbe efectuar la inyección mediante aire comprimido.

Siempre que sea posible, la inyección debe efectuarse desde el anclaje más bajo o desde el tubo de toma inferior del conducto.

La inyección debe prolongarse hasta que la consistencia de la mezcla que rebosa por el extremo libre del conducto sea igual a la del producto inyectado y, una vez terminada, deben adoptarse las medidas necesarias para evitar pérdidas de la mezcla en el conducto.

En el caso de vainas o conductos verticales, debe colocarse un pequeño depósito en la parte superior que debe mantenerse constantemente lleno de pasta para compensar la reducción de volumen que se produce. Es importante que este depósito se sitúe en posición centrada encima del conducto, con el fin de que el agua ascendente por exudación pueda unirse a la mezcla contenida en el depósito y no se quede acumulada en el extremo superior de la vaina, lo que resultaría peligroso para la protección del tendón y del anclaje correspondiente.

En tiempo frío y, especialmente en tiempo de heladas, deben tomarse precauciones especiales, asegurándose que, al iniciar la inyección, no existe hielo en los conductos. Para ello, debe inyectarse agua caliente, pero nunca vapor.

Si se prevé que la temperatura no descenderá por debajo de los 5°C en las 48 horas siguientes a la inyección, se podrá continuar ésta utilizando un producto poco sensible a las heladas, que contenga del 6 al 10% de aire ocluido y que cumpla las condiciones prescritas en el Artículo 36º, o bien calentándose el elemento de la estructura de modo que su temperatura no baje de 5°C, durante ese tiempo.

Cuando la temperatura ambiente exceda de los 35°C, es recomendable enfriar el agua de la mezcla.

En todos los casos, una vez terminada la inyección deben obturarse herméticamente los orificios y tubos de purga, de modo que se evite la penetración en los conductos de agua, o de cualquier otro agente corrosivo para las armaduras. Asimismo, debe procederse a la limpieza del equipo lo más rápidamente posible después de finalizada la inyección, procediendo a continuación a un cuidadoso secado de la bomba, mezcladora y tuberías.

Si existiera la posibilidad de que hubiera zonas importantes no inyectadas, deben adoptarse las medidas oportunas para realizar una inyección posterior de las mismas. En caso de duda puede realizarse un control con endoscopio o realizando el vacío.

78.5 Inspección

Deberá hacerse un informe de cada inyección en el que se anoten: las características del producto, la temperatura ambiente en el momento de la inyección, el tipo de cemento utilizado, el

aditivo, en su caso, incorporado a la mezcla y su dosificación, la relación agua/cemento elegida, el tipo de mezclador, la duración del mezclado y las probetas que se han fabricado para controlar las condiciones prescritas en el Artículo 36º.

Los informes de las inyecciones deben formar parte de los documentos de la obra.

78.6 Medidas de seguridad

Durante la inyección de los conductos, los operarios que trabajen en las proximidades deberán ir provistos de gafas protectoras o una pantalla transparente, en previsión de posibles escapes de la mezcla inyectada a presión.

No debe mirarse por los tubos utilizados como respiraderos o rebosaderos, para comprobar el paso del producto de inyección.

Cuando la inyección se efectúa en obra, y existe circulación en zonas próximas, se adoptarán las oportunas precauciones para impedir que, si se escapa el producto de inyección, pueda ocasionar daños.

Artículo 79º Observaciones generales respecto a la ejecución

79.1 Adecuación del proceso constructivo al proyecto

Se adoptarán las medidas necesarias para conseguir que las disposiciones constructivas y los procesos de ejecución se ajusten en todo a lo indicado en el proyecto.

En particular, deberá cuidarse de que tales disposiciones y procesos sean compatibles con las hipótesis consideradas en el cálculo, especialmente en lo relativo a los enlaces (empotramientos, articulaciones, apoyos simples, etc.), y a la magnitud de las acciones introducidas durante el proceso de ejecución de la estructura.

Todas las manipulaciones y situaciones provisionales y, en particular, el transporte, montaje y colocación de las piezas prefabricadas, deberán ser objeto de estudios previos. Será preciso también justificar que se han previsto todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad, la precisión en la colocación y el mantenimiento correcto de las piezas en su posición definitiva, antes y durante la ejecución y, en su caso, durante el endurecimiento de las juntas construidas en obra.

Si el proceso constructivo sufre alguna modificación sustancial, deberá quedar reflejado el cambio en la correspondiente documentación complementaria.

79.2 Acciones mecánicas durante la ejecución

Durante la ejecución se evitará la actuación de cualquier carga estática o dinámica que pueda provocar daños en los elementos ya hormigonados.

Cuando la construcción de las obras dé lugar a fases sucesivas de descimbrado, de pretensado o de puesta en carga, puede ser necesario determinar las sollicitaciones correspondientes a un cierto número de estas fases.