

C.5.6.2.3 - El nivel de resistencia para cada clase de concreto se considera satisfactorio si cumple simultáneamente los siguientes requisitos:

- (a) Que los promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), iguallen o excedan el valor nominal especificado para f'_c , y
- (b) Que ningún resultado individual de los ensayos de resistencia (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), tenga una resistencia inferior en 3.5 MPa, o más, a f'_c .

C.5.6.2.4 - Si no se cumple cualquiera de los requisitos de C.5.6.2.3, se deben tomar de inmediato las medidas necesarias para aumentar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Además, deben tenerse en cuenta los requisitos estipulados en C.5.6.4 si no se cumple el requisito de C.5.6.2.3 (b).

C.5.6.3 - ENSAYO DE MUESTRAS CURADAS BAJO CONDICIONES DE CAMPO

C.5.6.3.1 - El Supervisor Técnico puede exigir el ensayo de resistencia en cilindros curados bajo condiciones de campo, con el objeto de comprobar la bondad del curado y de la protección del concreto en la estructura.

C.5.6.3.2 - Los cilindros curados bajo condiciones de campo, deben someterse al procedimiento indicado en la norma NTC 550 (ASTM C31)

C.5.6.3.3 - Los cilindros que vayan a ser curados bajo condiciones de campo, se deben moldear al mismo tiempo y tomarse del mismo material que se emplee para moldear los cilindros curados en el laboratorio.

C.5.6.3.4 - Los procedimientos de protección y curado del concreto deben mejorarse cuando la resistencia de los cilindros curados bajo condiciones de campo, ensayados a la misma edad de determinación del f'_c , sea menor que el 85 por ciento de la resistencia de cilindros compañeros curados en el laboratorio. La limitación del 85 por ciento no hay necesidad de aplicarla si la resistencia de los cilindros curados bajo condiciones de campo excede f'_c en más de 3.5 MPa

C.5.6.4 - INVESTIGACION DE LOS RESULTADOS BAJOS EN LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA

C.5.6.4.1 - Si cualquier ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) en cilindros curados en el laboratorio, resulta menor en 3.5 MPa que f'_c (véase C.5.6.2.3 (b)), o si los ensayos de cilindros curados bajo condiciones de campo indican deficiencias en la protección o el curado del concreto (véase C.5.6.3.4), deben tomarse las medidas necesarias para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se haya comprometido

C.5.6.4.2 - En caso de confirmarse que el concreto es de baja resistencia, y si los cálculos indican que la capacidad de soportar carga de la estructura se ha reducido significativamente, se puede apelar al ensayo sobre núcleos extraídos de la zona en duda, de acuerdo con la norma NTC 3658 (ASTM C42) En tal caso, deben tomarse tres núcleos por cada ensayo de resistencia que haya sido inferior en 3.5 MPa, o más, a f'_c .

C.5.6.4.3 - En caso de que el concreto de la estructura vaya a estar seco durante las condiciones de servicio, los núcleos deben secarse al aire (entre 15°C y 30°C de temperatura y humedad relativa menor del 60%), durante 7 días antes del ensayo, y deben probarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los núcleos deben sumergirse en agua por lo menos durante 40 horas, y ensayarse húmedos

C.5.6.4.4 - El concreto de la zona representada por los núcleos es estructuralmente adecuado, si el promedio de los 3 núcleos resulta por lo menos igual al 85% de f'_c , y si ningún núcleo presenta una resistencia menor del 75% de f'_c . Para comprobar la precisión del ensayo, se pueden volver a tomar y ensayar núcleos en los lugares que presenten resultados dudosos.

C.5.6.4.5 - Si los criterios de C.5.6.4.4 no se cumplen, y si la seguridad estructural permanece en duda, el Supervisor Técnico puede ordenar que se hagan pruebas de carga como las descritas en el Capítulo C.19 - *Pruebas de carga*, para la parte dudosa de la estructura, o tomar otra medida adecuada a las circunstancias.

C.5.7 - PREPARACION DEL EQUIPO Y DEL LUGAR DE COLOCACION DEL CONCRETO

C.5.7.1 - Los preparativos anteriores a la colocación del concreto deben incluir los siguientes puntos

- (a) Todo el equipo para el mezclado y transporte del concreto debe estar limpio.
- (b) Todos los residuos deben ser retirados de los lugares que ocupará el concreto.
- (c) La parte interna de las formaletas debe estar adecuadamente protegida.
- (d) Las unidades de mampostería que van a estar en contacto con el concreto, deben estar humedecidas
- (e) El refuerzo debe estar completamente libre de recubrimientos perjudiciales.
- (f) El sitio de colocación del concreto debe estar libre de agua antes de depositar el concreto, excepto cuando se emplee un sistema de vaciado por medio de "tremie" u otro sistema aprobado por el Supervisor Técnico.
- (g) Las superficies de concreto endurecido sobre las cuales se vaya a colocar concreto adicional, deben estar libres de lechada o de cualquier material perjudicial o deleznable.

C.5.8 - MEZCLADO DEL CONCRETO

C.5.8.1 - La duración del mezclado debe ser la necesaria para conseguir una mezcla íntima y homogénea de los distintos componentes; la mezcladora debe descargarse completamente antes de volverla a usar.

C.5.8.2 - El concreto premezclado debe cumplir con las normas NTC 3318 (ASTM C94) o NTC 4027 (ASTM C685)

C.5.8.3 - Para la preparación del concreto mezclado en obra, debe observarse lo siguiente

- (a) Los concretos deben prepararse en mezcladora y ésta debe ser aprobada por el Supervisor Técnico
- (b) La mezcladora debe ser operada a la velocidad recomendada por el fabricante.
- (c) El mezclado debe continuarse por lo menos durante un minuto y medio después de que todos los materiales estén en la mezcladora, a menos que con un tiempo menor se cumplan los requisitos de uniformidad de la norma NTC 3318 (ASTM C94)
- (d) El manejo de los materiales, su colocación en la mezcladora y el mezclado deben hacerse de acuerdo con los requisitos correspondientes de la norma NTC 3318 (ASTM C94).
- (e) Debe mantenerse un registro detallado que permita identificar
 - El número de tandas de mezcla producidas
 - La dosificación de los materiales usados.
 - Localización aproximada dentro de la estructura.
 - Fecha y hora tanto del mezclado como de su colocación.

C.5.9 - TRANSPORTE DEL CONCRETO

C.5.9.1 - El transporte del concreto desde la mezcladora hasta el lugar final de colocación debe hacerse por procedimientos que eviten la segregación o pérdida de materiales

C.5.9.2 - El equipo de transporte debe ser el adecuado para suministrar concreto al sitio de vaciado, sin segregación ni interrupciones excesivas que ocasionen pérdida de manejabilidad entre mezclas sucesivas.

C.5.10 - COLOCACION DEL CONCRETO

C.5.10.1 - Para evitar la segregación debida a manipulación excesiva, el concreto debe ser colocado en un sitio tan próximo a su posición final como sea posible.

C.5.10.2 - La velocidad de colocación debe ser tal que permita al concreto permanecer en estado plástico y fluir fácilmente en los espacios entre las barras de refuerzo.

C.5.10.3 - El concreto que haya endurecido parcialmente o se encuentre contaminado por materiales extraños, no puede colocarse en la estructura.

C.5.10.4 - No debe utilizarse concreto al que después de preparado se le adicione agua para mejorar su manejabilidad, ni el que haya sido mezclado nuevamente después de su fraguado inicial, excepto cuando lo permita el Supervisor Técnico.

C.5.10.5 - Una vez iniciada la colocación del concreto, ésta debe efectuarse de una manera continua hasta que se haya colocado completamente el panel o sección, hasta sus límites o juntas de construcción predeterminadas, con excepción de lo especificado en C 6 4

C.5.10.6 - La superficie superior de concreto sobre el cual se colocará más concreto debe ser dejada a nivel.

C.5.10.7 - Las juntas de construcción, cuando sean necesarias, deben realizarse de acuerdo con lo prescrito en C 6.4.

C.5.10.8 - Todo el concreto debe compactarse cuidadosamente durante su colocación, utilizando medios que permitan su adecuada colocación alrededor del refuerzo, de los elementos embebidos y de las esquinas de la formaleta

C.5.10.9 - Cuando se trate de concreto masivo deben tomarse las precauciones apropiadas para evitar un aumento excesivo de la temperatura del concreto al fraguar.

C.5.11 - CURADO DEL CONCRETO

C.5.11.1 - El concreto, diferente del de alta resistencia temprana, debe mantenerse a una temperatura por encima de los 10°C y húmedo para permitir su hidratación, por lo menos durante los primeros 7 días contados a partir de su vaciado, excepto cuando se cure de acuerdo con C.5.11.3.

C.5.11.2 - El concreto de alta resistencia temprana debe mantenerse a una temperatura por encima de los 10°C y húmedo para permitir su hidratación, por lo menos durante los primeros 3 días contados a partir de su vaciado, excepto cuando se cure de acuerdo con C 5.11 3

C.5.11.3 - CURADO ACELERADO

C.5.11.3.1 - Para acelerar el aumento de resistencia y reducir el tiempo de fraguado, puede emplearse el curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, o cualquier otro proceso previamente aprobado por el Supervisor Técnico.

C.5.11.3.2 - El curado acelerado debe proporcionar, en la etapa de carga bajo consideración, una resistencia del concreto a la compresión, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida para la misma etapa de carga

C.5.11.3.3 - El proceso de curado acelerado debe proporcionarle al concreto una durabilidad al menos equivalente a la esperada utilizando los métodos de curado dados en C 5 11 1 o C 5 11.2

C.5.11.4 - Cuando lo requiera el Supervisor Técnico, deben realizarse ensayos de resistencia adicionales, de acuerdo con C 5 6 3, con el fin de confirmar que el curado es satisfactorio

C.5.12 - REQUISITOS PARA CLIMA FRIO

C.5.12.1 - En zonas sometidas a temperaturas muy bajas, menores de 5°C, es necesario tener el equipo adecuado para calentar los materiales utilizados en la elaboración del concreto y para protegerlo de riesgos de congelación.

C.5.12.2 - Los materiales constituyentes del concreto, el refuerzo, la formaleta, los rellenos y el suelo, que van a estar en contacto con el concreto, deben estar libres de escarcha.

C.5.12.3 - No deben utilizarse materiales congelados o que contengan hielo

C.5.13 - REQUISITOS PARA CLIMA CALIDO

C.5.13.1 - En clima cálido, donde se presenten temperaturas superiores a los 25°C, es necesario dar atención adecuada a los materiales, a los métodos de producción, manipulación, al vaciado, a la protección y al curado, para evitar temperaturas excesivas en el concreto o la correspondiente evaporación de agua, que pudieran perjudicar la resistencia requerida o las condiciones de servicio del elemento o estructura. ■

CAPITULO C.6 FORMALETAS, TUBERIAS EMBEBIDAS Y JUNTAS DE CONSTRUCCION

C.6.1 - DISEÑO DE LAS FORMALETAS

C.6.1.1 - El objeto de las formaletas, cimbras, o encofrados; es obtener una estructura que se ciña a las formas, líneas, ejes y dimensiones de los elementos, tal como se requiere en los planos de diseño y en las especificaciones

C.6.1.2 - Las formaletas deben ser fuertes y lo suficientemente ajustadas para impedir que se escape el mortero.

C.6.1.3 - Las formaletas deben estar adecuadamente arriostradas o amarradas para mantener su posición y su forma.

C.6.1.4 - Las formaletas y sus apoyos deben diseñarse de modo que no dañen la estructura previamente vaciada o de apoyo.

C.6.1.5 - El diseño de las formaletas debe incluir la consideración de los siguientes factores:

- (a) Velocidad y método de colocación del concreto.
- (b) Cargas de construcción, incluyendo las cargas verticales, horizontales y de impacto.
- (c) Requisitos de formaletas especiales para la construcción de cascarones, losas plegadas, cúpulas, concreto arquitectónico o elementos similares

C.6.1.6 - Las formaletas para elementos de concreto preesforzado, deben diseñarse y construirse de modo que permitan el movimiento del elemento durante la aplicación de la fuerza de preesfuerzo sin que éste sufra daño

C.6.2 - REMOCION DE FORMALETAS Y CIMBRAS, Y RECIMBRADO

C.6.2.1 - REMOCION DE LAS FORMALETAS - Las formaletas y testeros, deben retirarse de tal manera que no afecten la seguridad ni el funcionamiento futuro de la estructura. El concreto que se expone al retirar la formaleta debe tener suficiente resistencia para que no se vea afectado por ello.

C.6.2.2 - REMOCION DE LA CIMBRA Y RECIMBRADO - Los requisitos de C 6 2 2 1 a C 6.2 2.3 se deben cumplir en la construcción de vigas y losas, excepto cuando se vacien contra el suelo.

C.6.2.2.1 - Con anterioridad al inicio de la construcción, el constructor de la estructura debe definir un procedimiento y una programación para la instalación y remoción de la cimbra y las operaciones de recimbrado, cuando éstas se utilicen. Así mismo debe establecer las fuerzas que se transfieren a la estructura debido a estos procesos.

- (a) Los análisis estructurales y los datos de las resistencias del concreto utilizadas en el planeamiento e implementación de la remoción de las formaletas y cimbras, deben ser entregados al Supervisor Técnico cuando éste lo solicite
- (b) Solamente cuando la estructura en su estado de avance, en conjunto con las formaletas y cimbras que se dejen, tenga suficiente resistencia para soportar adecuadamente su peso y las cargas existentes, puede removerse la cimbra de cualquier porción de la estructura
- (c) La demostración de que la resistencia es adecuada debe basarse en un análisis estructural que tenga en cuenta las cargas existentes, la resistencia de la formaleta y cimbra y los datos de la resistencia del concreto. La resistencia del concreto se debe basar en el ensayo de muestras curadas en el campo, o cuando lo apruebe el Supervisor Técnico con base en otros procedimientos para determinar la resistencia del concreto.

C.6.2.2.2 - No se pueden soportar en la estructura sin cimbra cargas de construcción que excedan la suma de las cargas muertas más vivas utilizadas en el diseño, a menos que por medio de un análisis estructural se demuestre que existe resistencia suficiente para sostener estas cargas.

C.6.2.2.3 - Los apoyos de formaletas para elementos de concreto preesforzado, pueden removerse cuando se haya aplicado suficiente preesfuerzo para permitir que el elemento preesforzado soporte su carga muerta y las cargas de construcción previstas.

C.6.3 - CONDUCTOS Y TUBERIAS EMBEBIDAS EN EL CONCRETO

C.6.3.1 - Pueden embeberse conductos, tuberías y camisas de cualquier material que no produzca efectos nocivos al concreto, dentro de las limitaciones descritas en esta sección C.6.3, con la aprobación del Ingeniero Diseñador y el Supervisor Técnico, siempre y cuando se considere que no reemplazan estructuralmente al concreto desplazado.

C.6.3.1.1 - En estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (*DMO*) y especial (*DES*) no se permite embeber conductos, tuberías o camisas de cualquier material en los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica.

C.6.3.2 - No se pueden embeber conductos y tuberías de aluminio en el concreto estructural a menos que estén convenientemente revestidos o cubiertos, para prevenir la reacción aluminio-concreto o la acción electrolítica entre el aluminio y el acero.

C.6.3.3 - Los conductos, tuberías y camisas que atraviesan una losa, muro o viga, no deben afectar adversamente la resistencia de la estructura.

C.6.3.4 - Los conductos y tuberías, incluyendo sus acoples que estén embebidos dentro de una columna no pueden desplazar más del 4% del área de la sección transversal sobre la cual se haya calculado la resistencia, o de la que se requiera para protección contra el fuego.

C.6.3.5 - Excepto cuando los planos de conductos y tuberías son aprobados por el Ingeniero Diseñador, los conductos y tuberías embebidas dentro de una losa, muro o viga (fuera de los que simplemente los atraviesan), deben cumplir los siguientes requisitos

C.6.3.5.1 - Su dimensión externa no puede ser mayor de 1/3 del espesor total de la losa, muro o viga dentro de los cuales estén embebidos.

C.6.3.5.2 - Su separación, medida centro a centro, no puede ser menor de 3 diámetros o anchos medidos centro a centro.

C.6.3.5.3 - No deben afectar adversamente la resistencia de la estructura

C.6.3.6 - Puede considerarse que los conductos, tuberías y camisas reemplazan estructuralmente al concreto desplazado sometido a compresión si:

C.6.3.6.1 - No están expuestos a la oxidación u otro tipo de deterioro.

C.6.3.6.2 - Son de hierro o acero, del tipo no revestidos o galvanizados, y cuyo espesor es mayor o igual al de calibre normal 40 para tuberías de acero

C.6.3.6.3 - Tienen un diámetro interno nominal no mayor de 50 mm, y están separados a no menos de 3 diámetros medidos centro a centro.

C.6.3.7 - Además de los anteriores requisitos, las tuberías que contengan líquidos, gases o vapor, pueden embeberse en concreto estructural diseñándolas de tal forma que resistan los efectos del material, la presión y la temperatura a las cuales van a estar sometidas.

C.6.3.8 - No debe conducirse por las tuberías ningún líquido, gas o vapor, hasta que el concreto haya alcanzado su resistencia de diseño, excepto agua que no sobrepase los 32°C y los 0.35 MPa de presión

C.6.3.9 - En las losas macizas, las tuberías deben colocarse entre el refuerzo superior y el inferior, a menos que sean para calefacción por radiación.

C.6.3.10 - El recubrimiento de concreto para las tuberías y acoples, no debe ser menor de 38 mm para concreto en contacto con el suelo o a la intemperie, ni menor de 19 mm para concreto que no vaya a estar expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo.

C.6.3.11 - Debe colocarse refuerzo con un área no menor de 0.002 veces el área de la sección del concreto en sentido perpendicular a la tubería

C.6.3.12 - Las tuberías deben fabricarse e instalarse de tal manera que no se requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su localización correcta.

C.6.4 - JUNTAS DE CONSTRUCCION

C.6.4.1 - Donde vaya a hacerse una junta de construcción, debe limpiarse completamente la superficie del concreto y removerse toda lechada y agua estancada.

C.6.4.2 - Todas las juntas verticales de construcción deben humedecerse inmediatamente antes de una nueva colocación de concreto

C.6.4.3 - Las juntas de construcción deben hacerse y localizarse de tal manera que no perjudiquen la resistencia de la estructura. Deben tomarse precauciones para lograr la transferencia de cortante y otras fuerzas a través de las juntas de construcción. (Véase C.11.7.9)

C.6.4.4 - Las juntas de construcción en las losas, deben localizarse en el tercio central de las luces de las losas, vigas o vigas principales a menos que una viga intersecte una viga principal en su parte central, en cuyo caso las juntas en las vigas principales deben desplazarse una distancia igual al doble del ancho de la viga que la intersecte.

C.6.4.5 - Las vigas, vigas principales o losas apoyadas en columnas o muros, no deben vaciarse o colocarse, cuando sean prefabricadas; antes de que el concreto de los elementos de apoyo verticales haya endurecido hasta el punto que haya dejado de ser plástico

C.6.4.6 - Las vigas, vigas principales, capiteles de columnas y carteladas, deben considerarse como parte del sistema de losas y deben vaciarse monolíticamente con las mismas, amén que en los planos se indique la forma de hacerlo adecuadamente. En ningún caso puede suspenderse el vaciado al nivel del refuerzo longitudinal.

C.6.4.7 - En las estructuras de capacidad de disipación de energía especial (DES) deben cumplirse los requisitos adicionales del Capítulo C 21. (Véase C.21.6.6).

■

CAPITULO C.7 DETALLES DEL REFUERZO

C.7.0 - NOMENCLATURA

- d = distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del acero de refuerzo de tracción, expresada en mm.
 d_b = diámetro nominal de la barra, alambre o torón de preesfuerzo, expresada en mm.
 f_y = resistencia nominal a la fluencia del acero, expresada en MPa.

C.7.1 - GANCHO ESTANDAR

C.7.1.1 - El término "gancho estándar", tal como se usa en el Título C de este Reglamento significa.

C.7.1.1.1 - Un dobléz de 180° más una extensión recta de longitud mínima igual a $4d_b$, pero no menor de 60 mm en el extremo de la barra.

C.7.1.1.2 - Un dobléz de 90° más una extensión de longitud mínima igual a $12d_b$ en el extremo de la barra.

C.7.1.1.3 - Para estribos solamente:

- (a) un dobléz a 90° con una extensión recta de longitud mínima igual a $6d_b$ en el extremo libre de la barra cuando se trate de barras N° 5 (5/8") y 16M (16 mm), o menores;
- (b) un dobléz a 90° con una extensión recta de longitud mínima igual a $12d_b$ en el extremo libre de la barra cuando se trate de barras N° 6 (3/4") y 18M (18 mm), a N° 8 (1") y 25M (25 mm); y
- (c) para barras N° 8 (1") y 25M (25 mm), y menores, con ganchos de 135°, la longitud mínima de la parte recta en el extremo libre es $6d_b$.

C.7.1.2 - En los estribos de confinamiento requeridos en el Capítulo C.21 en estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES), para construcción sismo resistente, deben emplearse ganchos sísmicos con un dobléz de 135° o más, con una extensión de $6d_b$ pero no menor de 75 mm, que abraza el refuerzo longitudinal del elemento y se proyecta hacia el interior de la sección del elemento. En los estribos suplementarios el dobléz en los extremos debe ser un gancho sísmico de 135°, o más, con una extensión de $6d_b$, pero no menor de 75 mm, y se permite que en uno de los extremos se utilice un gancho de 90°, o más, con una extensión de $6d_b$.

C.7.2 - DIAMETROS MINIMOS DE DOBLAMIENTO

C.7.2.1 - El diámetro interior para el doblamiento de las barras del refuerzo principal, no debe ser menor que los valores mínimos dados en la tabla C.7-1

C.7.2.2 - El diámetro interior de doblamiento de estribos de barra N° 5 (5/8") y 16M (16 mm) o menor, no debe ser menos de $4d_b$, y para barras mayores a la N° 5 (5/8") y 16M (16 mm), se deben cumplir los diámetros mínimos indicados en la tabla C.7-1.

TABLA C.7-1
DIAMETROS MINIMOS DE DOBLAMIENTO

Barra	Diámetro mínimo de doblamiento
Nº 2 (1/4") a Nº 8 (1") 6M (6 mm) a 25M (25 mm)	6 d _b
Nº 9 (1-1/8") a Nº 11 (1-3/8") 32M (32 mm)	8 d _b
Nº 14 (1-3/4") y Nº 18 (2-1/4") 45M (45 mm) y 55M (55 mm)	10 d _b

C.7.2.4 - Los diámetros internos de doblamiento para malla de alambre electro-soldada que se utilice como estribos o flejes no deben ser menores que 4d_b para alambre corrugado de diámetro mayor de 7 mm y 2d_b para los otros alambres. No deben hacerse dobleces con diámetros menores de 8d_b a distancias menores de 4d_b de la intersección electro-soldada más cercana

C.7.3 - CONDICIONES PARA EL DOBLAMIENTO

C.7.3.1 - Todos los dobleces y ganchos deben hacerse en frío, a menos que el Ingeniero Diseñador o el Supervisor Técnico permitan lo contrario

C.7.3.2 - Las barras deben tener las dimensiones indicadas en los planos y en esa forma deben colocarse dentro de las formaletas. Las barras que ya estén parcialmente embebidas dentro del concreto no pueden doblarse o desdoblarse en el sitio, a menos que el Ingeniero Diseñador o el Supervisor Técnico lo permitan

C.7.4 - LIMPIEZA DEL REFUERZO

C.7.4.1 - En el momento en que el concreto vaya a ser colocado, el refuerzo debe estar libre de barro, aceite o cualquier otra substancia no metálica que pueda disminuir la adherencia entre el acero y el concreto. Se permiten barras con recubrimiento epóxico que cumpla las normas técnicas mencionadas en C.3.5.

C.7.4.2 - El refuerzo de acero, excepto cables para preesforzado, con óxido, escamas de laminación o combinación de ambos, puede considerarse satisfactorio, siempre y cuando las dimensiones mínimas (incluyendo la altura de los resaltes de corrugado) y el peso, de una muestra limpiada con cepillo de acero de mano, no sean menores que las indicadas en las normas NTC del ICONTEC y ASTM apropiadas.

C.7.4.3 - Los cables para preesforzado deben estar limpios y libres de aceite, mugre, picaduras, escamas y óxido excesivo. Se puede aceptar una ligera capa de óxido.

C.7.5 - COLOCACION DEL REFUERZO

C.7.5.1 - El acero de refuerzo, el acero de preesfuerzo y sus ductos, debe colocarse y apoyarse cuidadosamente de acuerdo con las medidas indicadas en los planos y las tolerancias que se indican en la tabla C 7-2; además, debe asegurarse adecuadamente para evitar que se mueva al colocar o vibrar el concreto

C.7.5.2 - La variación de la altura útil d o del recubrimiento no debe exceder las tolerancias que se dan en la tabla C 7-2.

TABLA C.7-2
TOLERANCIAS EN ALTURA UTIL Y RECUBRIMIENTO

Altura útil, d, mm	Tolerancia en altura útil, d mm	Tolerancia en recubrimiento, mm
d ≤ 200 mm	± 10 mm	-10 mm
d > 200 mm	± 12 mm	-12 mm

Además la tolerancia para la distancia libre a la parte inferior de elementos construidos con cimbra debe ser menos 6 mm y la tolerancia para recubrimiento no debe exceder de menos 1/3 del recubrimiento mínimo requerido en los planos y especificaciones.

C.7.5.3 - La tolerancia en la localización de puntos de doblez y extremos de barras de refuerzo, debe ser ± 50 mm, excepto en los apoyos terminales de vigas, en los cuales no debe ser mayor de ± 12 mm.

C.7.5.4 - No se permiten soldaduras en los puntos de intersección de barras que se cruzan para ensamblar el refuerzo, a menos que sean autorizadas por el Ingeniero Diseñador, o el Supervisor Técnico.

C.7.5.5 - En losas macizas cuya luz libre no exceda de 3 metros puede colocarse una sola malla electrosoldada (con alambres de diámetro máximo de 6.5 mm) como refuerzo negativo y positivo a la vez, siempre y cuando este refuerzo sea continuo a través de los apoyos o esté debidamente anclado en ellos. La malla debe estar cerca de la parte superior de la losa sobre los apoyos y cerca a la parte inferior en los centros de las luces.

C.7.5.6 - Para la colocación de acero preesforzado, en pretensado y en postensado, debe consultarse además el Capítulo C 18.

C.7.6 - SEPARACION ENTRE BARRAS

C.7.6.1 - La distancia libre entre barras paralelas colocadas en una fila (o capa), no debe ser menor que el diámetro d_b de la barra, no menor de 25 mm ni menor de 1.33 veces el tamaño del agregado grueso (Véase C.3.3.3).

C.7.6.2 - Cuando se coloquen dos o más filas (o capas) de barras, las barras superiores deben colocarse directamente encima de las inferiores, y la separación libre entre filas no debe ser menor de 25 mm.

C.7.6.3 - En columnas con estribos o refuerzos en espiral, la distancia libre entre barras longitudinales debe ser mayor o igual a $1.5d_b$, 40 mm ó 1.33 veces el tamaño máximo del agregado grueso. (Véase C.3.3.3).

C.7.6.4 - La especificación de distancia libre entre barras, debe cumplirse también en la separación libre entre un empalme por traslape y otros empalmes u otras barras.

C.7.6.5 - En losas macizas y muros, las barras de refuerzo a flexión deben tener una separación máxima de 3 veces el espesor de la losa o muro, pero no mayor de 500 mm. Cuando se trate de refuerzo de temperatura la separación debe ser menor de 5 veces el espesor de la losa o muro, pero no mayor de 500 mm.

C.7.6.6 - BARRAS EN PAQUETES - En los paquetes de barras paralelas que se pongan en contacto para que actúen como una unidad, deben cumplirse los siguientes requisitos

C.7.6.6.1 - Debe limitarse a 4 el número de barras por paquete.

C.7.6.6.2 - Todo paquete de barras debe quedar localizado en una esquina de estribo o en el extremo de un estribo suplementario.

C.7.6.6.3 - No pueden usarse barras de diámetro mayor de N° 11 (1-3/8") ó 32M (32 mm) en paquetes de barras para vigas

C.7.6.6.4 - El diámetro equivalente de un paquete, para efectos de las normas de separación y recubrimiento, debe ser el que se deduzca del área total de las barras colocadas en el paquete.

C.7.6.6.5 - En un paquete, las barras individuales que terminen dentro de la luz de los elementos a flexión, deben suspenderse en puntos diferentes con una separación, al menos, de $40d_b$,

C.7.6.6.6 - En las columnas de estructuras de capacidad de disipación de energía especial (DES) como las define el Capítulo C 21, el número de barras en paquete se limita a dos.

C.7.6.7 - CABLES Y DUCTOS PARA PREEFORZADO - En cables y ductos para preesforzado deben cumplirse los siguientes requisitos

C.7.6.7.1 - Aceros pretensados - La distancia libre entre alambres, barras o cables, medida en los extremos de un elemento, no debe ser menor de $4d_b$ para alambres, ni de $3d_b$ para torones. En la porción media de la luz, se permite una separación menor y el agrupamiento de torones.

C.7.6.7.2 - Aceros postensados - Los ductos de postensado adherido deben ser corrugados. Los ductos para colocar el acero de tensionamiento se pueden agrupar si se demuestra que no se dificulta la colocación del concreto. A cada lado del conjunto debe dejarse un espacio suficiente para que pueda introducirse un vibrador normal interno. Esta agrupación debe limitarse a dos ductos en contacto lateral y a no más de cuatro en conjunto. Además, deben tomarse medidas preventivas para evitar la rotura del acero a través del ducto cuando se tensiona el refuerzo.

Las distancias libres entre ducto o grupos de ductos en contacto, o entre estos ductos y las demás armaduras, deben ser al menos:

- (a) En la dirección vertical la dimensión vertical del ducto o grupo de ductos, pero no menos de 1.33 veces el tamaño del agregado grueso.
- (b) En la dirección horizontal, para ductos aislados la dimensión horizontal del ducto, para grupos de ductos en contacto, 1.6 veces la mayor de las dimensiones de las vainas individuales que forman el grupo, pero en ninguno de los dos casos menos de 1.33 veces el tamaño del agregado grueso.
- (c) No se permiten ductos en contacto en dirección horizontal cuando éstos describen curvas horizontales.

C.7.7 - RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO

C.7.7.1 - CONCRETO VACIADO EN SITIO (NO PREESFORZADO) - Las barras del refuerzo deben tener los recubrimientos mínimos dados a continuación. En ambientes agresivos deben utilizarse recubrimientos mayores que los mencionados, los cuales dependen de las condiciones de exposición.

	Recubrimiento mínimo
(a) Concreto colocado directamente sobre el suelo y en contacto permanente con la tierra	70 mm
(b) Concreto expuesto a la intemperie o en contacto con suelo de relleno:	
Barras N° 6 (3/4") y 18M (18 mm) a	
N° 18 (2-1/4") y 55M (55 mm)	50 mm
Barras N° 5 (5/8") y 16M (16 mm) y menores	40 mm
(c) Concreto no expuesto a la intemperie, ni en contacto con la tierra:	
En losas, muros y viguetas:	
Barras N° 14 (1-3/4"), 45M (45 mm),	
N° 18 (2-1/4") y 55M (55 mm)	40 mm
Barras N° 11 (1-3/8") y 32M (32 mm) y menores	20 mm
En vigas y columnas:	
Refuerzo principal, estribos y espirales	40 mm
En cascarones y losas plegadas	
Barras N° 6 (3/4") y 18M (18 mm) y mayores	20 mm
Barras N° 5 (5/8") y 16M (16 mm) y menores	15 mm

C.7.7.2 - ELEMENTOS PREFABRICADOS CONSTRUIDOS EN PLANTA - En elementos prefabricados las barras de refuerzo deben tener los siguientes recubrimientos mínimos:

	Recubrimiento mínimo
(a) Concreto expuesto a la intemperie o en contacto con la tierra:	
En paneles de muros	
Barras N° 11 (1-3/8") y 32M (32 mm) y menores	20 mm
Barras N° 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y N° 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm).....	40 mm
En otros elementos	
Barras N° 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores	30 mm
Barras N° 6 (3/4") 18M (18 mm) a N° 11 (1-3/8") ó 32M (32 mm).....	40 mm
Barras N° 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y N° 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm).....	50 mm
(b) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con la tierra.	
En losas, muros y viguetas	
Barras N° 11 (1-3/8") ó 32M (32 mm) y menores	15 mm
Barras N° 14 (1-3/4"), 45M (45 mm), N° 18 (2-1/4") y 55M (55 mm).....	30 mm
En vigas y columnas:	
Estribos, Flejes y Espirales	10 mm
Refuerzo principal	d _b , pero no menor de 15 mm, ni hay necesidad de exceder 40 mm
En cascarones y placas plegadas	
Barras N° 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores	10 mm
Barras N° 6 (3/4") ó 18M (18 mm) y mayores	15 mm

C.7.7.3 - CONCRETO PREENFORZADO - Deben cumplirse los siguientes recubrimientos mínimos para las armaduras preesforzadas y no preesforzadas, ductos y anclajes, excepto lo indicado C.7.7.3.1 y C.7.7.3.2:

	Recubrimiento mínimo
(a) Concreto vaciado contra la tierra y permanentemente expuesto a ella	
	70 mm
(b) Concreto expuesto a la tierra o a la intemperie:	
Muros, paneles, losas y viguetas	30 mm
Otros elementos	40 mm
(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con la tierra:	
Losas, muros y viguetas	20 mm
Vigas y columnas:	
Refuerzo principal	40 mm
Estribos, flejes y espirales	20 mm
Cascarones y losas plegadas	
Barras N° 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores	10 mm
Otros refuerzos	d _b , pero no menos de 20 mm

C.7.7.3.1 - En miembros de concreto preesforzado, expuesto a la tierra, la intemperie o ambientes corrosivos, y en que el esfuerzo permisible de tracción, dado en C.18.4.2 (b) es excedido, el recubrimiento mínimo debe aumentarse en un 50%.

C.7.7.3.2 - Para miembros de concreto preesforzado fabricados bajo condiciones de control de calidad en planta, los recubrimientos mínimos para el refuerzo no preesforzado deben ser los mismos que requiere C.7.7.2.

C.7.7.4 - BARRAS EN PAQUETES - Para barras en paquetes el recubrimiento mínimo de concreto debe ser igual al diámetro equivalente del paquete, sin necesidad de ser mayor de 50 mm, excepto para el concreto vaciado contra la tierra y permanentemente expuesto a ella, cuyo recubrimiento mínimo debe ser de 70 mm.

C.7.7.5 - AMBIENTES CORROSIVOS - En ambientes corrosivos u otras condiciones severas de exposición, la protección de concreto debe aumentarse convenientemente para lo cual debe tenerse en cuenta la impermeabilidad del concreto; de lo contrario debe proporcionarse otro tipo de protección.

C.7.7.6 - REFUERZO EN ESPERA - El refuerzo expuesto, los aditamentos y las platinas que sean conexiones en espera de una futura continuación de la construcción, deben protegerse de la corrosión.

C.7.7.7 - PROTECCION CONTRA EL FUEGO - Cuando a juicio del Ingeniero Diseñador, el Supervisor Técnico o por solicitud del propietario, se requieran recubrimientos mayores de los indicados en C.7.7, para protección contra el fuego, deben utilizarse los recubrimientos contra el fuego que determine el Ingeniero Diseñador. Además, deben cumplirse los requisitos del Título J de este Reglamento.

C.7.7.8 - CONCRETO ABUZARDADO - En los elementos de concreto cuya superficie exterior se pica o abuzarda por razones estéticas, los recubrimientos dados en esta sección deben aumentarse en 10 mm en aquellas caras que se piquen.

C.7.8 - DETALLES ESPECIALES DEL REFUERZO DE COLUMNAS

C.7.8.1 - DOBLAMIENTO DE BARRAS EN LOS CAMBIOS DE SECCION - Los cambios de sección de las columnas deben hacerse siempre en las losas de entrepiso. En un cambio de sección, las barras que pasen del piso inferior al piso superior deben doblarse de modo que la reducción tenga como máximo una inclinación de 1 a 6 con respecto al eje de la columna, y las porciones de la barra localizadas encima y debajo de la reducción deben ser paralelas al eje de la columna.

C.7.8.1.1 - Las barras dobladas para un cambio de sección, deben doblarse antes de ser colocadas en su posición. No se permite hacer doblamientos en barras que ya estén parcialmente embebidas en el concreto endurecido, a menos que el Ingeniero Diseñador o el Supervisor Técnico lo permitan (Véase C.7.3).

C.7.8.1.2 - El soporte horizontal del acero longitudinal en el doblado debe ser provisto por medio de estribos o espirales. El soporte horizontal debe diseñarse para que resista 1.5 veces la componente horizontal de la fuerza calculada en la porción inclinada de la barra que se dobla. Los estribos o la espiral deben colocarse a una distancia menor de 150 mm del doblado. Este refuerzo es adicional al requerido por consideraciones sísmicas.

C.7.8.1.3 - Cuando se disminuya el ancho de una columna de manera que una de sus caras quede a 80 mm o más de la correspondiente en la columna del piso inferior, no pueden doblarse las barras longitudinales para adaptarse a la reducción y es necesario emplear barras adicionales de empalme, traslapadas por contacto con las barras longitudinales adyacentes a las caras desplazadas de la columna. Los traslapos deben cumplir con los requisitos de C.12.17.

C.7.8.2 - NUCLEOS DE ACERO ESTRUCTURAL - La transferencia de las cargas que llevan los núcleos de acero estructural en construcción compuesta, debe seguir los siguientes requisitos:

C.7.8.2.1 - Los extremos de los núcleos de acero estructural deben estar terminados con suficiente precisión para que haya un contacto adecuado en los empalmes y un alineamiento que permita un contacto concéntrico entre núcleos.