

C.15.4.2 - El momento mayorado máximo para una zapata aislada debe calcularse como se prescribe en C.15 4.1, en las siguientes secciones críticas:

- (a) En la cara de la columna, pedestal o muro, para las zapatas que soportan columnas, pedestales o muros de concreto.
- (b) En la mitad de la distancia entre el centro y el borde del muro, para las zapatas que soportan un muro de mampostería.
- (c) En la mitad de la distancia entre la cara de la columna o pedestal y el borde de la base de acero, para las zapatas que soportan columnas o pedestales con placas de acero en la base.

C.15.4.3 - En las zapatas que trabajan en una dirección y en las zapatas cuadradas que trabajan en dos direcciones, el refuerzo debe distribuirse uniformemente a todo su ancho

C.15.4.4 - En las zapatas rectangulares que trabajan en dos direcciones, el refuerzo debe distribuirse de la siguiente forma:

- (a) El refuerzo en la dirección larga debe distribuirse uniformemente a todo lo ancho de la zapata.
- (b) Para el refuerzo en la dirección corta, una porción del refuerzo total dado por la Ecuación C.15-1 debe distribuirse uniformemente sobre un ancho de banda centrada sobre el eje de la columna o pedestal, igual a la longitud del lado corto de la zapata. El resto del refuerzo que se requiere en la dirección corta, debe distribuirse uniformemente por fuera del ancho de la banda central de la zapata.

$$\frac{\text{refuerzo en el ancho de la banda}}{\text{refuerzo total en la dirección corta}} = \frac{2}{(\beta + 1)} \quad (\text{C.15-1})$$

C.15.4.5 - En zapatas que trabajen en una o en dos direcciones el refuerzo a flexión debe tener una cuantía mínima de 0.0018 en ambas direcciones.

C.15.4.6 - El refuerzo longitudinal de columnas y elementos de borde de muros estructurales que resistan fuerzas sísmicas debe llevarse hasta el refuerzo inferior de la losa de fundación, zapata o dado, y debe terminarse con un gancho horizontal.

C.15.4.7 - El refuerzo longitudinal de las columnas que se diseñen como empotradas a flexión en la fundación, debe tener un gancho en la parte inferior de la fundación, y este gancho se debe orientar hacia el centro de la columna

C.15.4.8 - Las columnas y elementos de borde de muros estructurales que tengan un lado de su sección localizado a una distancia menor de la mitad de la altura del elemento de fundación del borde del mismo, deben tener refuerzo transversal que cumpla C.21.4.4 en toda la porción embebida dentro de la losa de fundación, zapata o dado

C.15.4.9 - Las zapatas que apoyen elementos de borde de muros estructurales, o columnas que resistan tracción debido a las fuerzas sísmicas, deben tener refuerzo para flexión en su parte superior, capaz de resistir las fuerzas de diseño que se generan, pero no menos que el requerido por C.15 4 5.

C.15.5 - CORTANTE EN LAS ZAPATAS

C.15.5.1 - El cálculo del cortante en las zapatas debe hacerse de acuerdo con C.11.12.

C.15.5.2 - La sección crítica para el cortante, de acuerdo con el Capítulo C 11, debe localizarse a partir de la cara de la columna, pedestal o muro para las zapatas que soportan una columna, pedestal o muro. Para zapatas que soportan una columna o pedestal con placas de acero en la base, la sección crítica debe localizarse midiendo a partir del sitio definido en C.15.4.2 (c)

C.15.5.3 - El cálculo del cortante en cualquier sección a través de una zapata apoyada sobre pilotes debe hacerse de acuerdo con las siguientes pautas.

- (a) La totalidad de la reacción de cualquier pilote cuyo centro esté localizado a $d_p/2$, o más, por fuera de la sección, debe considerarse que produce cortante en esa sección.
- (b) La reacción de cualquier pilote cuyo centro esté localizado a $d_p/2$ o más, dentro de la sección, debe considerarse que no produce cortante en esa sección.
- (c) Para las posiciones intermedias del centro del pilote, la porción de la reacción del pilote que se supone que produce cortante en la sección, debe basarse en una interpolación lineal entre el valor total en $d_p/2$ por fuera de la sección y el valor cero en $d_p/2$ dentro de la sección.

C.15.6 - DESARROLLO DEL REFUERZO EN LAS ZAPATAS

C.15.6.1 - El cálculo del desarrollo del refuerzo en las zapatas debe estar de acuerdo con el Capítulo C.12.

C.15.6.2 - El refuerzo de tracción o de compresión en cada sección se desarrolla a cada lado de dicha sección por medio de la longitud apropiada de anclaje, anclaje extremo, ganchos (a tracción únicamente), anclaje mecánico, o por combinación de estos.

C.15.6.3 - Las secciones críticas para el desarrollo del refuerzo deben suponerse en los mismos sitios definidos en C.15.4.2., para el momento mayorado máximo, y en todos los otros planos verticales donde ocurran cambios de sección o de refuerzo. (Véase también Artículo C.12.10.6).

C.15.7 - ESPESOR MINIMO DE LA ZAPATA

C.15.7.1 - El espesor de la zapata por encima del refuerzo inferior no puede ser menor de 150 mm para zapatas sobre el suelo, ni menor de 300 mm para zapatas sobre pilotes.

C.15.8 - TRANSFERENCIA A LA ZAPATA DE LAS FUERZAS EN LA BASE DE LA COLUMNA, MURO O PEDESTAL REFORZADO

C.15.8.1 - Todos los momentos y fuerzas aplicados en la base de una columna, muro o pedestal, deben transmitirse a la zapata por medio de esfuerzos de contacto adecuados en el concreto y por medio de refuerzo o conectores mecánicos. Si las condiciones de las cargas requeridas incluyen fuerzas de levantamiento, la fuerza de tracción total debe ser resistida por el refuerzo.

C.15.8.1.1 - Los esfuerzos de contacto en la superficie entre el elemento soportante y el soportado no deben exceder la resistencia del concreto a los esfuerzos de contacto, en cualquiera de las dos superficies, dada en C.10.13

C.15.8.1.2 - El refuerzo, las barras de empalme y los conectores mecánicos entre el elemento soportante y soportado, deben ser adecuados para resistir, además de las indicadas en los Artículos C.15.8.2 y C.15.8.3.

(a) toda la fuerza de compresión en exceso de los esfuerzos de contacto admisibles, para cualquiera de los dos elementos.

(b) cualquier fuerza de tracción que actúe a través del plano de contacto

C.15.8.1.3 - Si se transfieren momentos a la zapata de apoyo, el refuerzo, las barras de empalme o los conectores mecánicos deben ser los adecuados para cumplir los requisitos de C.12.17.

C.15.8.1.4 - Si se transfieren fuerzas horizontales a la zapata, el diseño debe realizarse de acuerdo con los requisitos de cortante por fricción de C.11.7, u otro medio apropiado.

C.15.8.2- CONSTRUCCION VACIADA EN SITIO - En construcción vaciada en sitio, el refuerzo que se requiere de acuerdo con lo dispuesto en C.15.8.1, puede colocarse extendiendo dentro de la zapata las barras longitudinales del elemento soportado, o colocando barras de transferencia (dowels).

C.15.8.2.1 - En columnas y pedestales vaciados en sitio, la cuantía de refuerzo que pasa a través del plano de contacto no debe ser menor de 0.005, evaluada sobre el área de la sección del elemento soportado.

C.15.8.2.2 - En muros vaciados en sitio, la cuantía de refuerzo vertical que pasa a través del plano de contacto no debe ser menor que la dada en C.14.3.2.

C.15.8.2.3 - En la zapata se permite empalmar por traslapeo barras longitudinales N° 14 (1-3/4"), N° 18 (2-1/4"), 45M (45 mm) y 55M (55 mm), que trabajen a compresión, con barras de transferencia (dowels) para proporcionar el área requerida por C.15.8.1. Las barras de transferencia no deben ser mayores de N° 11 (1-3/8") ó 32M (32 mm) y deben extenderse dentro de la columna o pedestal por una distancia no menor que la longitud de desarrollo para barras N° 14 (1-3/4"), N° 18 (2-1/4"), 45M (45 mm) ó 55M (55 mm), respectivamente, o que la longitud del empalme de las barras de transferencia, la que sea mayor, y dentro de la zapata una distancia mayor, o igual, que la longitud de desarrollo de las barras de transferencia.

C.15.8.2.4 - Si se utilizan conexiones articuladas, éstas deben cumplir los requisitos de C.15.8.1 y C.15.8.3.

C.15.8.3 - CONSTRUCCION PREFABRICADA - En construcción prefabricada se permite el uso de anclajes, u otros conectores mecánicos, para cumplir con los requisitos de C.15.8.1.

C.15.8.3.1 - La conexión entre columnas o pedestales prefabricados y el elemento que les da apoyo debe cumplir los requisitos del ordinal (a) de C.16.5.1.3.

C.15.8.3.2 - La conexión entre muros prefabricados y el elemento que les da apoyo debe cumplir los requisitos de los ordinales (b) y (c) de C.16.5.1.3.

C.15.8.4 - Los pernos de anclaje y las conexiones mecánicas, deben diseñarse de tal manera que alcancen su resistencia de diseño antes de la falla del anclaje o del concreto que los rodea.

C.15.9 - ZAPATAS INCLINADAS O ESCALONADAS

C.15.9.1 - En las zapatas inclinadas o escalonadas, el ángulo de la pendiente o la altura y la localización de los escalones debe ser tal que se cumplan, en cada sección, los requisitos de diseño (véase además C.12.10.6.).

C.15.9.2 - Las zapatas inclinadas o escalonadas que se diseñen como una unidad deben construirse de modo que se garantice su acción como tal

C.15.10 - ZAPATAS COMBINADAS Y LOSAS DE FUNDACION

C.15.10.1 - Las zapatas que soportan más de una columna, pedestal o muro (zapatas combinadas o losas de fundación), deben dimensionarse para resistir las cargas mayoradas y las reacciones inducidas, de acuerdo con los requisitos de diseño apropiados establecidos en este Reglamento.

C.15.10.2 - El método del Diseño Directo del Capítulo C.13 de este Reglamento no debe ser utilizado en el diseño de zapatas combinadas ni losas de fundación

C.15.10.3 - La distribución de esfuerzos del suelo bajo zapatas combinadas y losas de fundación debe ser consistente con las propiedades del suelo y de la estructura, con los principios establecidos de la mecánica de suelos, y con los requisitos del Título H.

C.15.10.4 - Las vigas de las losas de fundación que llegan a elementos del sistema de resistencia sísmica de la estructura, deben cumplir los mismos requisitos que se exijan para vigas del sistema de resistencia sísmica, para el grado de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico de sistema estructura, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo C.21

C.15.11 - PILOTES Y CAISSONS

C.15.11.1 - ALCANCE - Los requisitos que se presentan en esta sección corresponden a los requerimientos mínimos por razones estructurales de pilotes y caissons de concreto, incluyendo pilotes hincados, pilotes vaciados en sitio con camisa de acero, pilotes prebarrenados y caissons excavados manual y mecánicamente. Las armaduras mínimas prescritas en la presente sección no cubren los efectos de impacto por hincado, ni las solicitaciones derivadas de empujes laterales y efectos sísmicos sobre los pilotes y caissons. los cuales deben ser definidos por el estudio geotécnico de acuerdo con lo establecido en el Título H.

C.15.11.2 - ANCLAJE DEL REFUERZO - El refuerzo longitudinal de los pilotes y caissons debe anclarse en la zapata o dado, como mínimo, una distancia igual a la longitud de desarrollo en tracción, sin reducción por refuerzo en exceso, definida en el Capítulo C 12.

C.15.11.3 - ESFUERZOS AXIALES MAXIMOS - Los esfuerzos axiales máximos admisibles sobre el pilote, o sobre el fuste cuando se trate de pilotes acampanados en su base, son los siguientes:

- (a) Esfuerzos de compresión causados por las cargas gravitacionales (no incluye efectos de hincado):

$$D + L \leq 0.20f'_c A_g \quad (\text{C.15-2})$$

$$1.4D + 1.7L \leq 0.3f'_c A_g \quad (\text{C.15-3})$$

- (b) Esfuerzos de compresión causados por las cargas gravitacionales más los efectos sísmicos.

$$D + L + 0.7E \leq 0.27f'_c A_g \quad (\text{C.15-4})$$

$$1.05D + 1.28L + E \leq 0.4f'_c A_g \quad (\text{C.15-5})$$

- (c) Esfuerzos de tracción causados por los efectos sísmicos, cuando hay levantamiento (en este caso el pilote debe armarse en toda su longitud, a menos que el estudio geotécnico defina una longitud menor):

$$-1.0D + E \leq 0.9f_y A_s \quad (\text{C.15-6})$$

C.15.11.4 - ESFUERZOS DE FLEXION - Cuando el pilote pueda verse sometido a momentos flectores debidos a empujes laterales o a efectos sísmicos, la determinación de los momentos de diseño debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones del estudio geotécnico tal como lo indica el Título H. El diseño a flexión del pilote debe realizarse de acuerdo con los requisitos del presente Título C.

C.15.11.5 - CUANTIAS MINIMAS Y LONGITUDES MINIMAS DE ARMADO - A menos que se requiera un mayor refuerzo de acuerdo con lo indicado en los Artículos C 15.11.3 y C.15.11.4, deben utilizarse las siguientes cuantías y longitudes mínimas de armado:

C.15.11.5.1 - Pilotes y caissons vaciados in-situ - En los pilotes y caissons vaciados en sitios, deben tenerse todas la precauciones para evitar que haya estrangulamientos causados por derrumbes internos dentro del pilote en el momento de vaciar el concreto. La cuantías mínimas, longitudinales y transversales para pilotes y caissons vaciados en sitio son las dadas en la Tabla C.15-1

C.15.11.5.2 - Pilotes con camisa de acero - Los mismos requisitos que para pilotes y caissons vaciados in-situ. Una camisa de acero, de calibre N° 14 o mayor, del tipo de espiral electrosoldada, puede considerarse que reemplaza el efecto de confinamiento de los estribos, siempre y cuando se garantice la protección contra la corrosión de la camisa de acero

C.15.11.5.3 - Tubería rellena de concreto - Debe colocarse refuerzo longitudinal con una cuantía mínima de 0.01 en la parte superior del pilote por una distancia igual al doble de la longitud de anclaje requerida para el refuerzo. Deben colocarse los estribos necesarios para garantizar que el refuerzo permanece en su sitio durante el vaciado del concreto

C.15.11.5.4 - Pilotes prefabricados de concreto reforzado - Debe colocarse refuerzo longitudinal con una cuantía mínima de 0.01 en toda la longitud del pilote. Deben colocarse estribos, o una espiral equivalente, con

un diámetro de barra mínimo N° 2 (1/4") ó 6M (6 mm) con una separación máxima de 100 mm en los 600 mm superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal en el resto del pilote. Debe verificarse que el refuerzo mínimo anterior sea suficiente para garantizar la integridad del pilote durante el proceso de hincado, y aumentarlo en caso que se requiera una mayor cantidad. La resistencia mínima a la compresión del concreto antes de iniciar el hincado debe ser $f'_c = 21$ MPa. En estructuras con capacidad especial de disipación de energía (DES) debe colocarse una espiral con una cuantía mínima $\rho_s \geq 0.006$, en vez de los estribos indicados anteriormente.

C.15.11.5.5 - Pilotes prefabricados de concreto preesforzado - Deben colocarse estribos, o una espiral equivalente, con un diámetro de barra mínimo N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) con una separación máxima de 100 mm en los 600 mm superiores del pilote. La conexión a la zapata o dado, debe hacerse por medio de barras adicionales. La resistencia mínima a la compresión del concreto antes de iniciar el hincado debe ser $f'_c = 28$ MPa.

C.15.11.5.6 - Pilotes de perfil laminado de acero - En estructuras con capacidad especial de disipación de energía (DES), la conexión con la zapata o dado de fundación debe ser capaz de resistir una fuerza de tracción igual al 10 por ciento de la capacidad a compresión del pilote.

TABLA C.15-1 – CUANTIAS MINIMAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES EN PILOTES Y CAISSONS VACIADOS EN SITIO

Requisito	Estructuras con capacidad mínima (DMI) de disipación de energía	Estructuras con capacidad especial (DES) y moderada (DMO) de disipación de energía (véase la Nota)
Resistencia mínima del concreto . f'_c	17.5 MPa	17.5 MPa
Cuantía longitudinal mínima	0.0025	0.0050
Número mínimo de barras longitudinales	4	4
Longitud del refuerzo longitudinal, a menos que el estudio geotécnico demuestre que se puede utilizar una longitud menor	tercio superior de la longitud del pilote, pero no menos de 4 m.	mitad superior de la longitud del pilote, pero no menos de 6 m
Diámetro de la barra de los estribos	N° 2 (1/4") ó 6M (6 mm) para pilotes hasta de 500 mm de diámetro y N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes de más de 500 mm de diámetro.	N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes hasta de 750 mm de diámetro y N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm) para pilotes de más de 750 mm de diámetro.
Separación máxima de los estribos	100 mm en los 600 mm superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.	75 mm en los 1.20 m superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente

Nota Cuando el diseño indica que se presentará disipación de energía en el rango inelástico en la zona superior del pilote o caisson, deben cumplirse los requisitos para columnas dados en el Capítulo C.21 y deben tomarse las precauciones necesarias para garantizar que la articulación plástica se presenta en la zona confinada.

C.15.12 - MUROS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

C.15.12.1 - Los muros y elementos de contención de concreto reforzado deben diseñarse de acuerdo con los requisitos apropiados del presente Título C del Reglamento. Los empujes, presiones activas y pasivas del suelo, empujes inducidos por los movimientos sísmicos, y los demás parámetros requeridos para el dimensionamiento de las estructuras de contención deben ser definidos en el estudio geotécnico, de acuerdo con lo prescrito en el Título H.

C.15.12.2 - Cuando los muros y elementos de contención están conectados o le dan apoyo al sistema de resistencia sísmica de la edificación, las conexiones entre el sistema de contención y el sistema de resistencia sísmica deben cumplir los requisitos apropiados del Título A y deben tomarse todas las precauciones para que los elementos de

contención tengan un comportamiento compatible con el grado de disipación de energía en el rango inelástico propio del sistema de resistencia sísmica de la edificación.

C.15.13 – VIGAS DE AMARRE DE LA CIMENTACION

C.15.13.1 – FUERZAS DE DISEÑO - En el diseño de las vigas de amarre de cimentación, deben cumplirse los requisitos de A.3.6.4.3, respecto a las fuerzas axiales que debe resistir la viga de amarre y las recomendaciones que al respecto de el estudio geotécnico y el Título H del Reglamento.

C.15.13.3 – DIMENSIONES MINIMAS – Las dimensiones de las vigas de amarre deben establecerse en función de las solicitaciones que las afecten, dentro de las cuales se cuentan la resistencia a fuerzas axiales por razones sísmicas y la rigidez y características para efectos de diferencias de carga vertical sobre los elementos de cimentación y la posibilidad de ocurrencia de asentamientos totales y diferenciales. Las vigas de amarre deben tener una sección tal que su mayor dimensión debe ser mayor o igual a la luz dividida por 20 para estructuras con capacidad especial de disipación de energía (*DES*), a la luz dividida por 30 para estructuras con capacidad moderada de disipación de energía (*DMO*) y a la luz dividida por 40 para estructuras con capacidad mínima de disipación de energía (*DMI*).

C.15.13.2 – REFUERZO LONGITUDINAL - Las vigas de amarre sobre el terreno que enlacen dados o zapatas deben tener refuerzo longitudinal continuo, el cual debe ser capaz de desarrollar f_y por medio de anclaje en la columna exterior del vano final.

C.15.13.4 – REFUERZO TRANSVERSAL - Deben colocarse estribos cerrados en toda su longitud, con una separación que no exceda la mitad de la menor dimensión de la sección ó 300 mm. Las vigas de amarre que resistan momentos flectores provenientes de columnas deben cumplir los requisitos de separación y cantidad de refuerzo transversal que fije el Reglamento para el nivel de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del sistema de resistencia sísmica.

■

CAPITULO C.16 CONCRETO PREFABRICADO

C.16.0 - NOMENCLATURA

A_g = área bruta de la columna, en mm²
 l = luz libre, en mm.

C.16.1 - ALCANCE

C.16.1.1 - Las disposiciones del presente Capítulo son aplicables al diseño de elementos prefabricados de concreto, los cuales se definen como elementos que se vacían en un lugar diferente de su posición final dentro de la estructura.

C.16.1.2 - Todas las disposiciones de este Reglamento, con excepción de aquellas en las cuales se excluyan explícitamente o estén en conflicto con el presente Capítulo, son aplicables a elementos prefabricados de concreto.

C.16.2 - GENERAL

C.16.2.1 - El diseño de elementos prefabricados y sus conexiones debe tener en cuenta todas las condiciones de carga y de restricción desde la fabricación inicial hasta su uso final en la estructura, incluyendo remoción de formaletas, almacenamiento, transporte y montaje

C.16.2.2 - Cuando los elementos prefabricados se coloquen dentro de un sistema estructural existente, las fuerzas y deformaciones que ocurran en las conexiones y sus cercanías, deben ser incluidas en el diseño

C.16.2.3 - El diseño de los elementos prefabricados y sus conexiones debe incluir el efecto de las tolerancias especificadas para fabricación e instalación y los esfuerzos temporales de instalación. Las tolerancias deben indicarse en los planos y memorias.

C.16.2.4 - Además de lo requerido en C.1.2, deben incluirse en los planos los detalles de los refuerzos, aditamentos, elementos de izaje, resistencia del concreto en las diferentes etapas de construcción necesaria para resistir las cargas temporales de manejo, almacenamiento, transporte, y montaje.

C.16.3 - DISTRIBUCION DE LAS FUERZAS A LOS ELEMENTOS

C.16.3.1 - La distribución de las fuerzas perpendiculares al plano de los elementos se debe determinar por análisis o por medio de ensayos.

C.16.3.2 - Cuando el comportamiento del sistema requiere que se transfieran fuerzas que actúan en el plano de los elementos de un sistema de entepiso o de un muro prefabricado, deben cumplirse los siguientes requisitos:

C.16.3.2.1 - En el diseño deben identificarse las trayectorias de las fuerzas que actúan en el plano del elemento tanto en los elementos como en sus conexiones, y debe verificarse su continuidad.

C.16.3.2.2 - Donde ocurran fuerzas de tracción, debe identificarse en el diseño la trayectoria de las fuerzas a través del acero de refuerzo.

C.16.3.2.3 - Las fuerzas producidas por deformaciones debidas a retracción de fraguado, flujo plástico y variaciones de temperatura deben tomarse en cuenta en el diseño de los detalles de las conexiones.

C.16.4 - DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

C.16.4.1 - Los elementos preesforzados prefabricados, de un ancho menor de 4 m, tales como losas de entrepiso y de cubierta, que actúen en una dirección, y paneles de muro preesforzados, y en otros elementos que estén conectados mecánicamente de una manera tal que las deformaciones transversales no estén restringidas, pueden dispensarse los requisitos de refuerzo de retracción y temperatura de C.7.12, en la dirección perpendicular al refuerzo de flexión. Esta dispensa no es aplicable a elementos que requieran refuerzo para resistir esfuerzos causados por flexión transversal.

C.16.4.2 - En los muros prefabricados, no preesforzados, el refuerzo debe diseñarse siguiendo los requisitos del Capítulo C.10, o del Capítulo C.14, con la excepción de que la cuantía de refuerzo horizontal y vertical no debe ser menor de 0.001, calculada sobre el área bruta de la sección del panel de muro. El espaciamiento del refuerzo no debe exceder el menor de 5 veces el espesor del muro, 800 mm para muros interiores, o 500 mm para muros exteriores.

C.16.5 - INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

C.16.5.1 - Con la excepción de lo indicado en C.16.5.2, deben cumplirse los siguientes requisitos mínimos de integridad estructural en estructuras de concreto prefabricado:

C.16.5.1.1 - Deben emplearse los amarres longitudinales y transversales requeridos por C.7.13.3 para conectar los elementos prefabricados al sistema de resistencia ante fuerzas horizontales.

C.16.5.1.2 - Cuando se utilicen elementos prefabricados para conformar diafragmas de piso o de cubierta, las conexiones entre el diafragma y los elementos adheridos al diafragma y a los cuales el diafragma les provee apoyo lateral, deben tener una resistencia nominal a la tracción tal que sean capaces de resistir al menos 4.5 kN/m.

C.16.5.1.3 - En todo elemento estructural vertical prefabricado hay necesidad de cumplir los requisitos de amarre vertical de C.7.13.3, excepto elementos no portantes de fachada. Estos requisitos se pueden cumplir disponiendo conexiones en las juntas horizontales, diseñadas de acuerdo con lo siguiente:

- (a) en columnas prefabricadas debe disponerse una resistencia a la tracción al menos igual a $1.5A_g$, expresada en kN. Para columnas con una sección mayor que la que se requiere por consideraciones de carga, se permite reducir, hasta en un 50%, el área efectiva, A_g , al valor requerido por resistencia.
- (b) Los paneles de muro prefabricados deben tener un mínimo de dos amarres por panel y por junta horizontal, con una resistencia nominal en tracción al menos igual a 45 kN por amarre.
- (c) Cuando las fuerzas de diseño indican que no se presenta tracción en la base, se permite anclar los amarres indicados en el ordinal (b) a la losa de contrapiso sobre el terreno.

C.16.5.1.4 - No se permite el uso de detalles de conexión que dependan únicamente de la fricción causada por las cargas verticales.

C.16.5.2 - En estructuras prefabricadas de muros de carga de tres, o más, pisos de altura, deben cumplirse los siguientes requisitos:

C.16.5.2.1 - Deben colocarse amarres longitudinales y transversales dentro de los sistemas de entrepiso y de cubierta, de tal manera que se disponga de 20 kN/m de longitud o de ancho del sistema. Deben colocarse amarres sobre los apoyos interiores y entre los elementos del sistema de entrepiso y los muros exteriores. Los amarres deben colocarse dentro del plano del sistema de entrepiso o de cubierta, o dentro de los primeros 600 mm de los elementos verticales.

C.16.5.2.2 - Deben colocarse amarres longitudinales, paralelos a las dirección de la luz de los elementos del sistema de entrepiso o de cubierta, distanciados al menos a 3 m, centro a centro. Deben tomarse precauciones para transferir las fuerzas en los amarres alrededor de las aberturas en el sistema de entrepiso o de cubierta.

C.16.5.2.3 - Deben colocarse amarres transversales, en la dirección perpendicular a la luz de los elementos del sistema de entrepiso o de cubierta, separados una distancia que no exceda la separación entre los muros portantes.

C.16.5.2.4 - Deben colocarse amarres, con una resistencia nominal a la tracción al menos de 70 kN, en el perímetro de los sistemas de entrepiso o de cubierta, dentro de una zona localizada a 1.20 m del borde.

C.16.5.2.5 - Deben colocarse amarres verticales de tracción en todos los muros, los cuales deben ser continuos en toda la altura de la edificación. Estos amarres debe proveer una resistencia nominal a la tracción no menor de 40 kN por metro lineal horizontal de muro. Deben colocarse como mínimo dos amarres por cada panel prefabricado.

C.16.6 - DISEÑO DE LAS CONEXIONES Y LOS APOYOS

C.16.6.1 - Se permite transferir las fuerzas entre elementos por medio de juntas con mortero, llaves de cortante, conectores mecánicos, conexiones utilizando acero de refuerzo, afinados de piso reforzado, o combinación de estos medios.

C.16.6.1.1 - La bondad de las conexiones para transferir las fuerzas entre elementos puede determinarse por análisis o ensayo. En aquellos casos en que las fuerzas cortantes corresponden a la fuerzas impuestas predominantes en la conexión, se permite diseñarla utilizando los requisitos de C.11.7, cuando sean aplicables

C.16.6.1.2 - Cuando se diseñen conexiones que contengan materiales con propiedades mecánicas diferentes, debe tomarse en cuenta la rigidez, resistencia y ductilidad relativas.

C.16.6.1.3 - Cuando los elementos prefabricados sean parte de entrepisos que actúan como diafragmas que hacen parte del sistema de resistencia sísmica, deben cumplirse los requisitos de la sección C 21.6 4 2.

C.16.6.2 - Los apoyos simples de elementos prefabricados que pertenezcan a sistemas de entrepiso o de cubierta, deben cumplir los siguientes requisitos:

C.16.6.2.1 - Los esfuerzos de contacto en la superficie de contacto entre elementos soportados y los elementos que le dan apoyo, o entre éstos y cualquier elemento intermedio de apoyo, no deben exceder las resistencias de contacto dadas en C 10.13, en cualquiera de las superficies.

C.16.6.2.2 - A menos que se demuestre, por medio de ensayos o análisis, que el comportamiento es adecuado, deben cumplirse los siguientes requisitos mínimos:

(a) las dimensiones de cada elemento y del sistema de apoyo, deben seleccionarse, con la debida consideración de las tolerancias apropiadas, de tal manera que la distancia, en la dirección de la luz, entre el borde del apoyo, y el extremo interno del elemento prefabricado sea al menos 1/180 de la luz libre, l , pero no menos de:

en elementos de losa, macizos o aligerados internamente 50 mm
en vigas o elementos en forma de T 75 mm

(b) las almohadillas de apoyo en elementos sin refuerzo de esquina, o pirlán, deben retrocederse como mínimo 12 mm de la cara del apoyo, o la dimensión del bisel, en bordes biselados

C.16.6.2.3 - Los requisitos de C 12.11 1 no se aplican al refuerzo positivo para flexión de elementos prefabricados estáticamente determinados, pero al menos 1/3 de este refuerzo debe extenderse hasta el centro de la longitud de apoyo.

C.16.7 - IMPLEMENTOS COLOCADOS DESPUES DEL VACIADO DEL CONCRETO

C.16.7.1 - Cuando lo permita el Ingeniero Diseñador, pueden colocarse elementos tales como barras de empalme (dowells) o insertos que sobresalen del concreto, después de vaciado el concreto, pero cuando aún está plástico, siempre y cuando se cumpla las siguientes condiciones:

C.16.7.1.1 - Los elementos que se insertan no tienen ganchos y no se deben amarrar al refuerzo que ya está dentro del concreto.

C.16.7.1.2 - Los elementos que se insertan se mantienen en su posición correcta mientras el concreto está plástico.

C.16.7.1.3 - Hay posibilidad de compactar correctamente el concreto alrededor del inserto.

C.16.7.1.4 - Se realice una inspección de la operación por parte del Supervisor Técnico

C.16.8 - IDENTIFICACION Y MARCAS

C.16.8.1 - Todo elemento prefabricados debe marcarse para indicar su localización y orientación dentro de la estructura, y su fecha de fabricación.

C.16.8.2 - La marcas de identificación deben corresponder con los planos de montaje.

C.16.9 - MANEJO

C.16.9.1 - El diseño de los elementos debe tener en cuenta todas las fuerzas y distorsiones que se puedan presentar durante el curado, desencofrado, almacenaje, transporte y erección, de tal manera que el elemento prefabricado no sufra daño.

C.16.9.2 - Las estructuras prefabricadas, y sus elementos, deben estar adecuadamente apoyadas y arriostradas durante el montaje de tal manera que se pueda garantizar el alineamiento adecuado en su colocación y la integridad estructural hasta el momento en que estén terminadas las conexiones permanentes.

C.16.10 - EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

C.16.10.1 - Se pueden realizar pruebas de carga de elementos prefabricados independientes que posteriormente trabajarán en conjunto con elementos vaciados in situ, si se cumplen los siguientes requisitos:

C.16.10.1.1 - Las cargas de prueba sólo se pueden aplicar cuando los cálculos indiquen que el elemento prefabricado ensayado aisladamente no fallaría en compresión o en pandeo.

C.16.10.1.2 - La carga de prueba debe ser una carga tal, que produzca en el refuerzo de tracción del elemento aislado la misma fuerza que se obtendría al aplicar la carga de prueba definida en C.19.3.2 al elemento compuesto

C.16.10.2 - Los requisitos de C.19.5 constituyen los criterios de aceptación o rechazo del elemento prefabricado

C.16.10.3 - Se permite la repetición de la prueba de carga de elemento prefabricados preesforzados. Los criterios de aceptación o rechazo son los indicados en C 19.5.2



CAPITULO C.17 ELEMENTOS COMPUESTOS CONCRETO-CONCRETO SOMETIDOS A FLEXION

C.17.0 - NOMENCLATURA

A_c	=	área de la superficie de contacto bajo investigación para cortante horizontal, en mm^2
A_v	=	área de estribos dentro de una distancia s , en mm^2 .
b_v	=	ancho de la sección transversal en la superficie de contacto, que se investiga para cortante horizontal, en mm.
d	=	distancia desde la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a tracción para la sección compuesta completa, en mm.
h	=	espesor total del elemento compuesto, en mm.
s	=	espaciamiento de los estribos medido a lo largo del eje longitudinal del elemento, en mm
v_{nh}	=	resistencia nominal a esfuerzo cortante horizontal.
v_u	=	esfuerzo cortante mayorado en la sección.
ρ_v	=	cuantía de refuerzo en forma de estribos calculada con respecto al área de la superficie de contacto. = $A_v/b_v s$
ϕ	=	coeficiente de reducción de resistencia. (Véase C.9.3).

C.17.1 - ALCANCE

C.17.1.1 - Las disposiciones de este Capítulo deben aplicarse al diseño de elementos compuestos de concreto sometidos a flexión, definidos como elementos de concreto prefabricados y/o vaciados en sitio, construidos en vaciadas diferentes pero interconectados de tal manera que en conjunto respondan a las cargas como una unidad.

C.17.1.2 - Todas las disposiciones del presente Título C son aplicables a los elementos compuestos de concreto sometidos a flexión, con excepción de los que específicamente se modifiquen en este Capítulo.

C.17.2 - GENERALIDADES

C.17.2.1 - Para resistir cortante y momento puede utilizarse el elemento compuesto completo o partes del mismo

C.17.2.2 - Los elementos individuales deben investigarse para todas las etapas críticas de carga.

C.17.2.3 - Si la resistencia especificada, el peso unitario u otras propiedades de los diversos elementos son diferentes, deben utilizarse en el diseño las propiedades de los elementos individuales o los valores más críticos.

C.17.2.4 - Al calcular la resistencia de los elementos compuestos, no debe distinguirse entre elementos con cimbra y sin cimbra.

C.17.2.5 - Todos los elementos deben diseñarse para soportar todas las cargas introducidas antes del desarrollo total de la resistencia de diseño de los elementos compuestos.

C.17.2.6 - Debe suministrarse el refuerzo requerido para controlar la fisuración e impedir la separación entre los elementos individuales de los miembros compuestos

C.17.2.7 - Los elementos compuestos deben cumplir los requisitos para control de deflexiones de acuerdo con C 9.5.

C.17.3 - CIMBRADO

C.17.3.1 - Cuando se utilice cimbra, ésta sólo debe retirarse cuando los elementos hayan desarrollado las

propiedades de diseño que se requieran para soportar todas las cargas y para limitar las deflexiones y agrietamientos en el momento de la remoción.

C.17.4 - RESISTENCIA AL CORTANTE VERTICAL

C.17.4.1 - Cuando se suponga que un miembro compuesto completo resiste cortante vertical, el diseño debe hacerse de acuerdo con los requisitos del Capítulo C.11 como para un elemento vaciado monolíticamente con la misma sección transversal.

C.17.4.2 - El refuerzo para cortante debe anclarse totalmente dentro de los elementos interconectados de acuerdo con C.12.13

C.17.4.3 - El refuerzo a cortante vertical, extendido y anclado puede incluirse como amarre para cortante horizontal.

C.17.5 - RESISTENCIA AL CORTANTE HORIZONTAL

C.17.5.1 - En un elemento compuesto debe garantizarse la transferencia total de las fuerzas cortantes horizontales en las superficies de contacto de los elementos interconectados.

C.17.5.2 - A menos que se utilicen los requisitos de C 17 5.3, el diseño de las secciones sometidas a cortante horizontal debe basarse en:

$$v_u \leq \phi v_{nh} \quad (C.17-1)$$

donde v_u es el esfuerzo cortante mayorado en la sección bajo consideración, y v_{nh} es la resistencia nominal al cortante horizontal, la cual se determina de acuerdo con los requisitos siguientes

C.17.5.2.1 - Cuando las superficies de contacto estén limpias, libres de lechada y estriadas intencionalmente, la resistencia a cortante v_{nh} se puede tomar como máximo igual a 0.6 MPa. Esta resistencia se aplica sobre un área igual a $b_v d$.

C.17.5.2.2 - Cuando se coloquen estribos mínimos de acuerdo con C 17.6, y la superficie de contacto esté limpia y libre de lechada, pero no se estrió intencionalmente, la resistencia a cortante v_{nh} se puede tomar como máximo igual a 0.6 MPa. Esta resistencia se aplica sobre un área igual a $b_v d$.

C.17.5.2.3 - Cuando se coloquen estribos de acuerdo con C.17.6, y la superficie de contacto esté limpia y libre de lechada, y se hayan producido estrías de una profundidad aproximada de 6 mm, la resistencia a cortante v_{nh} se puede tomar como $(1.8+0.6\rho_v f_y)$ sin exceder un máximo de 3.5 MPa. Esta resistencia se aplica sobre un área igual a $b_v d$.

C.17.5.2.4 - Cuando el esfuerzo cortante mayorado, v_u , en la sección excede $\phi(3.5)$ MPa, el diseño para cortante horizontal debe realizarse de acuerdo con los requisitos de C 11.7.4

C.17.5.2.5 - Para determinar la resistencia nominal al cortante horizontal en elementos preesforzados, puede utilizarse d , o $0.8h$, el que sea mayor.

C.17.5.3 - Como una alternativa a los requisitos de C.17.5.2, el cortante horizontal puede investigarse calculando el cambio en la fuerza real de compresión o tracción en cualquier segmento, y tomando medidas para transferir dicha fuerza como cortante horizontal al elemento de apoyo. El esfuerzo cortante horizontal mayorado no debe exceder la resistencia a cortante horizontal ϕv_{nh} tal como se establece en C.17.5.2.1 a C.17 5.2.4, pero substituyendo $b_v d$ por A_c .

C.17.5.3.1 - Cuando se coloquen estribos para resistir el cortante horizontal evaluado como se permite en C 17.5.3, la relación del área de estribos a su separación, debe reflejar aproximadamente la distribución de las fuerzas cortantes en el miembro

C.17.5.4 - Cuando exista tracción perpendicular a cualquier superficie de contacto entre elementos interconectados, puede suponerse transferencia de cortante por contacto sólo cuando se proporcionen estribos mínimos de acuerdo con C.17.6

C.17.6 - ESTRIBOS PARA CORTANTE HORIZONTAL

C.17.6.1 - Cuando se proporcionen estribos para transferir cortante horizontal, el área de estribos no debe ser menor que la requerida por C.11.5.5.3 y la separación entre estribos no debe exceder de 4 veces la menor dimensión del elemento soportado ni de 600 mm.

C.17.6.2 - Los estribos para cortante horizontal pueden consistir en barras o alambres individuales, estribos de ramas múltiples, o ramas verticales de malla soldada (de alambre liso o corrugado).

C.17.6.3 - Todos los estribos deben anclarse totalmente dentro de los elementos interconectados de acuerdo con C.12.13.



