

	losa-columna deben cumplir los requisitos de C 21 4.	
--	------------------------------------------------------	--

C.21.8.2 - CORTANTE EN LA LOSA EN PORTICOS LOSA-COLUMNA - En los pórticos donde la losa reemplaza la viga, utilizados como sistema estructural de resistencia sísmica se deben cumplir los siguientes requisitos para efectos del diseño a cortante de la losa

CORTANTE EN LA LOSA EN PORTICOS LOSA-COLUMNA		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales.	<p>(a) La fuerza cortante de diseño V_e debe determinarse de la consideración de la porción de las fuerzas estáticas de la longitud del elemento que se encuentra entre las caras de los apoyos y de la resistencia a flexión del elemento. Debe suponerse que el elemento está sometido a la carga mayorada vertical aferente y que en las caras de los apoyos del elemento actúan momentos de signo opuesto con una magnitud igual a la resistencia nominal a flexión, M_n.</p> <p>(b) Alternativamente a los requisitos contenidos en (a) la fuerza cortante de diseño V_e puede obtenerse de las combinaciones de mayoración de carga que incluyan efectos sísmicos, tomando el factor de mayoración igual al doble del prescrito por el Título B. Esta operación puede realizarse utilizando un valor de 2.0 para el factor de carga de E en la ecuaciones B 2.4-4 y B 2.4-5</p> <p>(c) En la vecindad de las columnas, el esfuerzo cortante correspondiente a la acción en dos direcciones (punzonamiento) causado por las fuerzas mayoradas gravitacionales, sin incluir los efectos sísmicos, no puede exceder $0.4\phi v_c$, donde v_c se calcula utilizando los requisitos de C 11.12 2.1 para losas no preesforzadas, y de C.11.12 2 2 para losas preesforzadas</p>	No se permiten en estructuras de capacidad especial de disipación de energía. Véase el Título A.

C.21.9 – ELEMENTOS DE LA FUNDACION

C.21.9.1 - GENERAL – Los elementos de la fundación que resistan fuerzas sísmicas, o que transfieran fuerzas sísmicas entre la estructura y el terreno, deben cumplir con los requisitos del Reglamento donde sea aplicable, y además con los requisitos dados a continuación:

FUERZAS SISMICAS EN LOS ELEMENTOS DE LA FUNDACION		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada – DMO	Especial - DES
(a) Las fuerzas sísmicas que actúan sobre la cimentación y el suelo que le da soporte deben evaluarse de acuerdo con los requisitos de la sección A.3.7.2.	(a) Las fuerzas sísmicas que actúan sobre la cimentación y el suelo que le da soporte deben evaluarse de acuerdo con los requisitos de la sección A 3 7 2	(a) Las fuerzas sísmicas que actúan sobre la cimentación y el suelo que le da soporte deben evaluarse de acuerdo con los requisitos de la sección A 3 7.2.
(b) Deben seguirse las recomendaciones que al respecto de el estudio geotécnico	(b) Deben seguirse las recomendaciones que al respecto de el estudio geotécnico	(b) Deben seguirse las recomendaciones que al respecto de el estudio geotécnico
(c) Deben cumplirse los requisitos apropiados del Capítulo C 15 y del Título H	(c) Deben cumplirse los requisitos apropiados del Capítulo C.15 y del Título H.	(c) Deben cumplirse los requisitos apropiados del Capítulo C.15 y del Título H.

C.21.9.2 – VIGAS DE AMARRE – Los elementos de la fundación tales como zapatas, dados de pilotes pilas o caissons, deben amarrarse entre si de acuerdo con los siguientes requisitos:

VIGAS DE AMARRE		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada – DMO	Especial - DES
(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico.	(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico.	(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico
(b) Lo que requiera el Título H	(b) Lo que requiera el Título H	(b) Lo que requiera el Título H.
(c) Lo exigido en la sección A 3 6 4.3.	(c) Lo exigido en la sección A.3 6 4.3.	(c) Lo exigido en la sección A.3.6 4 3.
(d) Lo requerido en C.15 13	(d) Lo requerido en C.15 13.	(d) Lo requerido en C 15 13
(e) Cuando las vigas de amarre resistan momentos flectores provenientes de las columnas o muros del sistema de resistencia sísmica, se deben cumplir los requisitos de C.21 3 3 para DMI.	(e) Cuando las vigas de amarre resistan momentos flectores provenientes de las columnas o muros del sistema de resistencia sísmica, se deben cumplir los requisitos de C.21.3.3 para DMO	(e) Cuando las vigas de amarre resistan momentos flectores provenientes de las columnas o muros del sistema de resistencia sísmica, se deben cumplir los requisitos de C.21 3 3 para DES.

C.21.9.3 – ZAPATAS Y DADOS DE PILOTES Y CAISSONS – Los elementos de la fundación tales como zapatas, dados de pilotes pilas o caissons, deben amarrarse entre si de acuerdo con los siguientes requisitos:

ZAPATAS Y DADOS DE PILOTES Y CAISSONS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada – DMO	Especial - DES
(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico	(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico	(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico.
(b) Lo que requiera el Título H	(b) Lo que requiera el Título H.	(b) Lo que requiera el Título H.
(c) Lo requerido en C.15.3 a C.15 9	(c) Lo requerido en C.15.3 a C.15 9	(c) Lo requerido en C 15 3 a C 15 9
(d) Cuando las zapatas den soporte a elementos del sistema de resistencia sísmica que puedan estar en tracción debido a los fuerzas sísmicas, deben tener refuerzo a flexión en la parte superior, de acuerdo con lo prescrito en C.15.4.9	(d) Cuando las zapatas den soporte a elementos del sistema de resistencia sísmica que puedan estar en tracción debido a los fuerzas sísmicas, deben tener refuerzo a flexión en la parte superior, de acuerdo con lo prescrito en C 15 4.9	(d) Cuando las zapatas den soporte a elementos del sistema de resistencia sísmica que puedan estar en tracción debido a los fuerzas sísmicas, deben tener refuerzo a flexión en la parte superior, de acuerdo con lo prescrito en C 15.4.9

C.21.9.4 – ZAPATAS COMBINADAS Y LOSAS DE FUNDACION – Las zapatas que soportan más de una columnas, pedestal o muro, incluyendo zapatas combinadas y losas de fundacion, deben cumplir los siguientes requisitos

ZAPATAS COMBINADAS Y LOSAS DE FUNDACION		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada – DMO	Especial - DES
(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico.	(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico.	(a) Deben cumplirse las exigencias al respecto del estudio geotécnico
(b) Lo que requiera el Título H.	(b) Lo que requiera el Título H	(b) Lo que requiera el Título H
(c) Lo exigido en la sección A.3.6.4.3	(c) Lo exigido en la sección A.3.6.4.3	(c) Lo exigido en la sección A.3.6.4.3.
(d) Lo requerido en C.15.13	(d) Lo requerido en C.15.13	(d) Lo requerido en C.15.13
(e) Cuando las vigas de amarre resistan momentos flectores provenientes de las columnas o muros del sistema de resistencia sísmica, se deben cumplir los requisitos de C.21.3.3 para DMI	(e) Cuando las vigas de amarre resistan momentos flectores provenientes de las columnas o muros del sistema de resistencia sísmica, se deben cumplir los requisitos de C.21.3.3 para DMO	(e) Cuando las vigas de amarre resistan momentos flectores provenientes de las columnas o muros del sistema de resistencia sísmica, se deben cumplir los requisitos de C.21.3.3 para DES.

C.21.9.5 – PILOTES Y CAISSONS – Los pilotes, pilas o caisson deben cumplir los siguientes requisitos

PILOTES, PILAS Y CAISSONS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada – DMO	Especial - DES
Deben cumplirse los requisitos de la sección C.15.11	Deben cumplirse los requisitos de la sección C.15.11	Deben cumplirse los requisitos de la sección C.15.11

C.21.9.6 – MUROS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN – Los muros y elementos de contención deben cumplir los siguientes requisitos:

MUROS Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada – DMO	Especial - DES
Deben cumplirse los requisitos de la sección C.15.12	Deben cumplirse los requisitos de la sección C.15.12	Deben cumplirse los requisitos de la sección C.15.12.

CAPITULO C.22 CONCRETO SIMPLE

C.22.0 - NOMENCLATURA

A_g	=	area bruta de la sección, en mm^2
A_1	=	area cargada, en mm^2 .
A_2	=	area de la base inferior del máximo tronco de pirámide, cono o cuña contenida en su totalidad dentro del apoyo y que tiene como cara superior el área cargada y cuyos lados caen con una pendiente de 1 vertical a 2 horizontal, en mm^2
b	=	ancho del elemento, en mm.
b_n	=	perímetro de la sección crítica para cortante en zapatas, en mm.
B_n	=	resistencia nominal a los esfuerzos de contacto del área cargada, en MPa.
f'_c	=	resistencia nominal del concreto a la compresión, en MPa
$\sqrt{f'_c}$	=	raíz cuadrada de la resistencia nominal del concreto a la compresión, en MPa.
h	=	altura total del elemento, en mm
l_c	=	distancia vertical entre apoyos, en mm
M_n	=	resistencia nominal a momento en la sección
M_u	=	momento mayorado en la sección.
P_n	=	resistencia nominal de una sección sometida a fuerza axial de compresión.
P_{nm}	=	resistencia nominal ante fuerza axial de un muro diseñado de acuerdo con C 22.6.5
P_u	=	fuerza axial para una excentricidad dada.
S	=	módulo elástico de la sección, en mm^3
	=	$\frac{bh^2}{6}$
V_n	=	resistencia nominal a la fuerzas cortante en la sección.
v_u	=	esfuerzo cortante en la sección debido a la fuerza cortante mayorada
V_u	=	fuerza cortante mayorada
β_c	=	relación del lado largo al lado corto del área de aplicación de una carga concentrada o de un apoyo.
ϕ	=	coeficiente de reducción de resistencia. Véase C 9.3

C.22.1 - ALCANCE

C.22.1.1 - En el presente Capítulo se presentan los requisitos mínimos para el diseño y construcción de elementos estructurales de concreto simple (vaciados en sitio y prefabricados), con las excepciones siguientes.

C.22.1.1.1 - Los requisitos del Título C del Reglamento, que no estén en conflicto con lo exigido en el presente Capítulo son aplicables a los elementos estructurales de concreto simple, con excepción de los muros de sótano de concreto simple los cuales no deben cumplir con los requisitos de C 4.2.2

C.22.1.1.2 - Las losas apoyadas sobre el terreno, tales como aceras y pavimentos, no están cubiertas por el Reglamento a menos que transmitan fuerzas verticales provenientes de otras partes de la estructura al suelo.

C.22.1.2 - En el diseño de estructuras especiales, tales como arcos, estructuras subterráneas para conducción de servicios públicos, muros de contención de gravedad y barreras de protección, pueden utilizarse los requisitos del presente Capítulo cuando sean apropiados

C.22.2 - LIMITACIONES

C.22.2.1 - Los requisitos del presente Capítulo son aplicables al diseño de elementos estructurales de concreto simple, entendiéndose por concreto simple aquel que no tiene acero de refuerzo o que lo contiene en cantidades menores que los mínimos prescritos por los otros capítulos del Título C para concreto reforzado

C.22.2.2 - El uso del concreto simple se debe limitar a.

- (a) elementos que están totalmente apoyados sobre el terreno, o apoyados sobre otros elementos estructurales capaces de proveer soporte continuo para cargas verticales, o
- (b) elementos en los cuales el efecto de arco produce esfuerzos de compresión en todas sus secciones bajo todas las condiciones de carga
- (c) muros y pedestales (Véase C 22 6 y C 22 8).

No se permite el uso de concreto estructural simple en columnas.

C.22.2.3 - El concreto simple no debe emplearse en elementos estructurales donde haya efectos que requieran consideraciones especiales como pueden ser los efectos sísmicos y los producidos por explosiones, a menos que lo permitan otros Títulos del Reglamento, como pueden ser fundaciones de edificaciones de uno y dos pisos (véase el Título E)

C.22.2.5 - RESISTENCIA MINIMA - El valor mínimo de la resistencia nominal a la compresión del concreto, f'_c , que se puede emplear en la construcción de elementos de concreto simple es 17 MPa.

C.22.3 - JUNTAS

C.22.3.1 - Deben disponerse juntas de contracción o de aislamiento adecuadas para dividir los elementos estructurales de concreto simple en elementos discontinuos a flexión. El tamaño de cada elemento debe limitarse de tal manera que se evite la presentación de esfuerzos de tracción internos causados por la restricción a los movimientos producidos por los cambios volumétricos causados por la retracción de fraguado, el flujo plástico y las variaciones de temperatura

C.22.3.2 - En la definición de la cantidad y localización de las juntas de contracción o aislamiento deben tenerse en cuenta efectos tales como la influencia de las condiciones climáticas, la selección y proporciones de los materiales, el mezclado, la colocación y el curado del concreto, el grado de restricción al movimiento, los esfuerzos debidos a las fuerzas a que el elementos se ve sometido y las técnicas de construcción.

C.22.4 - METODO DE DISEÑO

C.22.4.1 - Los elementos estructurales de concreto simple deben diseñarse para que tengan una resistencia adecuada compatible con los requisitos de este Reglamento para diseño por el método de resistencia.

C.22.4.2 - Las cargas mayoradas se deben determinar para las combinaciones de carga establecidas en el Título B para el método de la resistencia.

C.22.4.3 - Cuando la resistencia requerida excede la resistencia de diseño, debe colocarse refuerzo y el elemento debe diseñarse como un elemento de concreto reforzado siguiendo los requisitos apropiados del presente Título del Reglamento.

C.22.4.4 - El diseño por el método de la resistencia de los elementos de concreto simple debe fundamentarse en una relación lineal esfuerzo-deformación del concreto tanto en compresión como en tracción.

C.22.4.5 - Se permite utilizar la resistencia a la tracción del concreto en el diseño de elementos de concreto simple, cuando se han cumplido los requisitos dados en C.22 3

C.22.4.6 - En el diseño de elementos de concreto simple no se le asigna ninguna resistencia al acero de refuerzo presente.

C.22.4.7 - No se permite suponer que hay transmisión de los esfuerzos de tracción a través de los bordes externos de los elementos, de las juntas de control o de las juntas de construcción localizadas dentro de un mismo elemento. No hay continuidad a flexión debida a esfuerzos de tracción entre elementos de concreto simple adyacentes.

C.22.4.8 - En el cálculo de la resistencia a flexión, a flexión y carga axial y a cortante, de elementos de concreto simple, debe considerarse la sección transversal completa del elemento, excepto para concreto vaciado contra el suelo, en el cual deben descontarse 50 mm de la sección

C.22.5 - RESISTENCIA DE DISEÑO

C.22.5.1 - El diseño de secciones sometidas a flexión debe basarse en la siguiente ecuación:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (\text{C.22-1})$$

donde M_u es el momento mayorado, ϕ es el coeficiente de reducción de resistencia para concreto simple dado en C.9.3, y M_n es el momento resistente nominal a flexión, calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$M_n = \frac{5}{12} \sqrt{f'_c} S \quad (\text{C.22-2}^*)$$

donde S es el modulo elástico de la sección.

C.22.5.2 - El diseño de secciones sometidas a esfuerzos de compresión debe basarse en la siguiente ecuación

$$\phi P_n \geq P_u \quad (\text{C.22-3})$$

donde P_u es la fuerza axial mayorada, ϕ es el coeficiente de reducción de resistencia para concreto simple dado en C.9.3, y P_n es la resistencia nominal a fuerza axial que se calcula utilizando la siguiente ecuación

$$P_n = 0.60 f'_c \left[1 - \left(\frac{l_c}{32 h} \right)^2 \right] A_1 \quad (\text{C.22-4})$$

donde A_1 es el área cargada.

C.22.5.3 - Los elementos sometidos a la combinación de flexión y fuerza axial en compresión deben dimensionarse de tal manera que en la cara de compresión:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1 \quad (\text{C.22-5})$$

y en la cara de tracción

$$\frac{M_u}{S} - \frac{P_u}{A_g} \leq \phi \frac{5 \sqrt{f'_c}}{12} \quad (\text{C.22-6}^*)$$

C.22.5.4 - El diseño de secciones rectangulares sometidas a esfuerzos cortantes debe basarse en:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (\text{C.22-7})$$

donde V_u es la fuerza cortante mayorada, ϕ es el coeficiente de reducción de resistencia para concreto simple dado en C.9.3.2, y V_n es la resistencia nominal a fuerza cortante que se calcula utilizando la siguiente ecuación para efectos cortantes de acción como viga:

$$V_n = \frac{\sqrt{f'_c}}{9} b h \quad (\text{C.22-8}^*)$$

y por la siguiente ecuación para acción en dos direcciones.

$$V_n = \frac{1}{9} \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \sqrt{f'_c} b_0 h \leq \frac{2}{9} \sqrt{f'_c} b_0 h \quad (\text{C.22-9}^*)$$

C.22.5.5 - El diseño de las áreas de contacto sometidas a compresión debe basarse en

$$\phi B_n \geq P_u \quad (\text{C.22-10})$$

donde P_u es la fuerza aplicada en área de contacto, ϕ es el coeficiente de reducción de resistencia para concreto simple dado en C 9.3, y B_n es la resistencia nominal a fuerzas aplicadas sobre un área de contacto igual A_1 , la cual se calcula por medio de

$$B_n = 0.85 f'_c A_1 \quad (\text{C.22-11})$$

excepto cuando la superficie de apoyo es más ancha en todos sus lados, que la zona cargada, la resistencia para esfuerzos de contacto pueden multiplicarse por $\sqrt{A_2/A_1}$, pero no más de 2.0

C.22.6 - MUROS

C.22.6.1 - Los muros estructurales de concreto simple deben estar apoyados totalmente sobre el terreno, zapatas, muros de la fundación u otros elementos estructurales capaces de proveer un apoyo vertical continuo

C.22.6.2 - Los muros estructurales de concreto simple deben diseñarse para las fuerzas verticales, laterales y otras que los puedan afectar

C.22.6.3 - Los muros estructurales de concreto simple deben diseñarse siguiendo los requisitos de C 22.5.3, siempre y cuando el muro se diseñe para una excentricidad correspondiente al máximo momento que pueda acompañar la fuerza axial, pero no menor de $0.10h$. Si la resultante de todas las fuerzas mayoradas está localizada dentro del tercio central del espesor del muro, el diseño debe realizarse de acuerdo con C 22.5.3 o C 22.6.5 a sección. En los otros casos el muro debe diseñarse siguiendo los requisitos de C 22.5.3

C.22.6.4 - El diseño para esfuerzos cortantes debe realizarse siguiendo los requisitos de C 22.5.4

C.22.6.5 - METODO EMPIRICO DE DISEÑO

C.22.6.5.1 - Los muros estructurales de concreto simple con sección transversal sólida y rectangular pueden diseñarse por medio de la ecuación C 22-12 si la resultante de todas las fuerzas mayoradas está localizada dentro del tercio central del espesor total del muro

C.22.6.5.2 - El diseño de muros sometidos a fuerzas axiales de compresión debe basarse en

$$\phi P_{nw} \geq P_u \quad (\text{C.22-12})$$

donde P_u es la carga axial mayorada y P_{nw} es la resistencia nominal a carga axial, la cual se calcula por medio de

$$P_{nw} = 0.45 \phi f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{l_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (\text{C.22-13})$$

C.22.6.6 - LIMITACIONES - Deben tenerse en cuenta las siguientes limitaciones en el diseño de los muros de concreto simple

C.22.6.6.1 - A menos que se demuestre por medio de un análisis detallado, la longitud de muros que puede considerarse efectiva para una fuerza vertical concentrada no debe exceder la distancia centro entre fuerzas ni el ancho de la superficie de contacto de la fuerza con el muro más cuatro veces el espesor del muro

C.22.6.6.2 - Con la excepción de lo indicado en C 22.6.6.3 el espesor de los muros de carga no debe ser menor de $1/24$ de la altura o de la longitud, la menor de las dos, ni menos de 140 mm

C.22.6.6.3 - El espesor de muros exteriores de sótanos y de muros que hagan parte de la fundación no debe ser menor de 190 mm

C.22.6.6.4 - Los muros deben estar arriostrados contra desplazamiento lateral. (Véase C.22 3 y C.22 4 7)

C.22.6.6.5 - Deben colocarse al menos dos barras Nº 5 (5/8") o 16M (16 mm) alrededor de todas la aberturas para ventanas o puertas. Las barras deben extenderse por lo menos 600 mm más allá de la esquina de las aberturas

C.22.7 - ZAPATAS

C.22.7.1 - Las zapatas de concreto simple deben diseñarse para las fuerzas mayoradas y las reacciones inducidas por movimientos, de acuerdo con los requisitos apropiados de diseño del Reglamento y para los requisitos específicos de C 22 7 2 a C 22 7 8

C.22.7.2 - El area de la base de la zapata debe determinarse a partir de la fuerzas y momentos no mayorados transmitidos por la zapata al suelo y los esfuerzos permisibles sobre el suelo dados por el estudio geotécnico.

C.22.7.3 - El concreto simple no debe utilizarse en zapatas apoyadas sobre pilotes.

C.22.7.4 - El espesor de las zapatas de concreto simple no debe ser menor de 200 mm (Véase C 22 4.8)

C.22.7.5 - Los máximos momentos mayorados deben determinarse en las siguientes secciones críticas.

- (a) en la cara de las columnas, pedestales, o muros, para zapatas que den apoyo a columnas, pedestales o muros de concreto
- (b) a la mitad de la distancia entre el centro y el borde del muro, para zapatas que den apoyo a muros de mampostería, y
- (c) a la mitad de la distancia entre la cara de la columna y el borde de una platina de apoyo, para zapatas que den apoyo a columnas con platinas de apoyo de acero.

C.22.7.6 - CORTANTE EN ZAPATAS DE CONCRETO SIMPLE - El cortante en zapatas de concreto simple se rige por los siguientes requisitos

C.22.7.6.1 - La máxima fuerza cortante mayorada debe calcularse siguiendo los requisitos de C.22.7 6 2, en las secciones críticas indicadas allí para zapatas que den apoyo a columnas, pedestales o muros. En las zapatas que den apoyo a columnas con platinas de apoyo de acero la sección crítica debe medirse a partir de la localización definida en el ordinal (c) de C.22 7.5

C.22.7.6.2 - La resistencia a fuerzas cortantes en las zapatas de concreto simple está gobernada por la más severa de las dos condiciones siguientes.

- (a) acción como viga en la zapata, con la sección crítica contenida dentro de un plano que intersecta toda la zapata a lo largo de todo su ancho y que está localizada a una distancia h de la cara de la carga concentrada o del área del apoyo. Para esta condición la zapata debe diseñarse utilizando la ecuación C 22-8
- (b) acción en dos direcciones para zapatas con una sección crítica perpendicular al plano de la zapata y localizada de tal manera que su perímetro, b_o , es un mínimo, teniendo en cuenta que el perímetro de la sección crítica puede estar a una distancia igual a $h/2$ de la carga concentrada o del área del apoyo. Para esta condición la zapata debe diseñarse utilizando la ecuación C.22-9

C.22.7.7 - La columnas y pedestales de forma circular o poligonal pueden tratarse como elementos de sección cuadrada con la misma área para efectos de la localización de las secciones críticas para momento y cortante.

C.22.7.8 - La fuerza mayorada de contacto en la superficie de contacto no debe exceder la resistencia a los esfuerzos de contacto dada en C 22.5 5 en los dos elementos

C.22.8 - PEDESTALES

C.22.8.1 - Los pedestales de concreto simple deben diseñarse para las fuerzas verticales, horizontales y otras, a que puedan verse sometidos

C.22.8.2 - La relación de altura no soportada lateralmente a la dimensión lateral menor de los pedestales de concreto simple, no debe exceder tres.

C.22.8.3 - La máxima fuerza axial mayorada aplicada a un pedestal de concreto simple no debe exceder la resistencia a los esfuerzos de contacto dada en C 22 5.5.

C.22.9 - ELEMENTOS PREFABRICADOS

C.22.9.1 - El diseño de elementos prefabricados de concreto simple debe tener en cuenta todas las condiciones de carga desde su vaciado inicial hasta la terminación de la estructura, incluyendo el retiro de las formaletas, su almacenamiento, transporte y montaje.

C.22.9.2 - La limitaciones de C.22.2 son válidas para los elementos prefabricados de concreto simple, no solo en su posición final dentro de la estructura sino también durante su fabricación, transporte y montaje.

C.22.9.3 - Los elementos prefabricados de concreto simple deben conectarse apropiadamente con el fin de que puedan transferir todas la fuerzas horizontales a una sistema estructural capaz de resistir esas fuerzas.

C.22.9.4 - Los elementos prefabricados de concreto simple deben sujetarse y arriostrarse apropiadamente durante su montaje para garantizar su alineamiento adecuado y su integridad estructural hasta que estén permanentemente conectados a la estructura.



CAPITULO C.23 ANCLAJE AL CONCRETO

C.23.0 - NOMENCLATURA

- A_b = área vástago del tornillo o perno, en mm².
 A_p = es el área en mm² de la superficie de falla para grupos de anclajes, la cual se supone como un tronco de pirámide que se extiende desde la cabeza de los anclajes localizados en la periferia del grupo, hacia la superficie exterior con una inclinación de 45°.
 A_s = es el área en mm² de la superficie inclinada de falla para anclajes individuales. Se supone como un tronco de cono cuyos lados tienen una inclinación de 45° desde la cabeza del anclaje hacia la superficie libre del concreto.
 A_t = es el área en mm² del plano de fondo, correspondiente a la base menor del tronco de pirámide, definido por el área cubierta por el grupo de anclajes.
 b = es la distancia entre los dos anclajes extremos de la fila más alejada del borde, en mm.
 C_c = coeficiente de ajuste por efectos de esquina, adimensional. Ecuación C.23-12.
 C_t = coeficiente de ajuste por espesor del elemento de concreto, adimensional. Ecuación C.23-11.
 C_w = coeficiente de ajuste por efectos de grupo, adimensional. Ecuación C.23-10.
 d_c = es la distancia desde la fila de anclajes más alejada del borde del concreto y el borde del concreto, en mm.
 f'_c = resistencia nominal del concreto a la compresión, la cual no puede tomarse mayor de 42 MPa.
 $\sqrt{f'_c}$ = raíz cuadrada de la resistencia nominal del concreto a la compresión, en MPa.
 f'_s = resistencia nominal del acero del anclaje, en MPa. La cual para tornillos NTC 4034 (ASTM A 307) ó NTC 423 (ASTM A 108), puede suponerse igual a 420 MPa.
 h = es el espesor del elemento de concreto, en mm.
 n = número de anclajes en el grupo.
 n_b = es el número de anclajes en la fila más alejada del borde.
 P_{nc} = resistencia nominal a tracción cuando gobierna el concreto, en N.
 P_{na} = resistencia nominal a tracción cuando gobierna el acero del tornillo o perno, en N.
 P_s = fuerza aplicada de tracción, al nivel de fuerzas de servicio, en N.
 P_t = fuerza admisible de tracción, al nivel de fuerzas de servicio, leída de la tabla C.23-1, en kN.
 P_u = fuerza solicitada mayorada de tracción, en N.
 V_{nc} = resistencia nominal al cortante cuando gobierna el concreto, en N.
 V_{na} = resistencia nominal al cortante cuando gobierna el acero del tornillo o perno, en N.
 V_s = fuerza cortante aplicada al nivel de fuerzas de servicio, en N.
 V_t = fuerza cortante admisible, al nivel de fuerzas de servicio, leída de la tabla C.23-1, en kN.
 V_u = fuerza solicitada mayorada de cortante, en N.
 V'_{nc} = resistencia nominal de un anclaje en la fila más alejada del borde, en N.
 ϕ = coeficiente de reducción de resistencia, para anclaje al concreto, en el presente Capítulo. Su valor cambia para los diferentes modos de falla.

C.23.1 - ALCANCE Y REQUISITOS GENERALES

C.23.1.1 - ALCANCE - En el presente Capítulo se presentan los requisitos mínimos para determinar la resistencia de anclajes al concreto tales como tornillos y pernos con cabeza

C.23.1.2 - EMBEBIDO - Los anclajes, tornillos y pernos con cabeza, deben quedar sólidamente embebidos en el concreto.

C.23.1.3 - METODO DE DISEÑO - Se permite el diseño por el método de esfuerzos de trabajo o por el método de la resistencia, uno de los dos; con las limitaciones dadas a continuación

C.23.1.3.1 - Diseño por el método de esfuerzos de trabajo - Cuando el diseño se realiza por el método de los esfuerzos de trabajo, tal como lo define la sección B 2.3, deben seguirse los requisitos dados en C 23 2 y deben utilizarse las combinaciones de carga dadas en B 2.3. Cuando los anclajes sean parte de una conexión

pertenciente al sistema de resistencia sísmica en estructuras de capacidad moderada (DMO) y especial (DES) de disipación de energía, no se permiten los aumentos en esfuerzos admisibles para fuerzas sísmicas dados en B.2.3.4.1 y B.2.3.4.2.

C.23.1.3.2 - Diseño por el método de la resistencia - Cuando el diseño se realiza por el método de la resistencia, tal como lo define la sección B.2.4, deben seguirse los requisitos de C.23.3, y deben utilizarse las combinaciones de carga dadas en B.2.4. Cuando los anclajes sean parte de una conexión perteneciente al

sistema de resistencia sísmica en estructuras de capacidad moderada (DMO) y especial (DES) de disipación de energía, el coeficiente de carga para los efectos sísmicos, E, debe duplicarse de 1.0 a 2.0, y cuando se trate de anclajes colocados en la zona de tensión del elemento de concreto, el coeficiente de carga para los efectos sísmicos, E, debe triplicarse de 1.0 a 3.0.

C.23.2 - DISEÑO POR EL METODO DE ESFUERZOS DE TRABAJO

C.23.2.1 - RESISTENCIAS PARA FUERZAS DE SERVICIO - Para tornillos y pernos de anclaje con cabeza, las resistencias, al nivel de fuerzas de servicio, para cortante y tracción, no deben exceder los valores dados en la tabla C.23-1.

Tabla C.23 -1 - Fuerzas, en servicio, P_s y V_s, permitidas para tornillos y pernos con cabeza (kN) (1 kN = 100 kgf)

Diámetro Tornillo mm	Anclaje mínimo mm	Distancia al borde mm	Separa- ción mm	Resistencia nominal del concreto, f' _c					
				f' _c = 14 MPa		f' _c = 21 MPa		f' _c = 28 MPa	
				Tracción	Cortante	Tracción	Cortante	Tracción	Cortante
6.4 (1/4")	65	40	75	0.9	2.3	0.9	2.3	0.9	2.3
9.5 (3/8")	75	60	115	2.3	5.0	2.3	5.0	2.3	5.0
12.7 (1/2")	100	75	150	4.3	5.7	4.3	5.7	4.3	5.7
	100	130	150	6.4	7.0	6.8	7.5	7.0	7.9
15.9 (5/8")	115	95	190	6.8	12.5	6.8	12.5	6.8	12.5
	115	160	190	9.3	13.1	10.0	13.6	11.0	14.0
19.1 (3/4")	130	115	230	10.2	13.3	10.2	16.0	10.2	16.0
	130	190	230	12.3	19.3	13.4	19.5	14.5	20.0
22.2 (7/8")	155	135	270	11.6	15.2	11.5	18.5	11.5	18.2
25.4 (1")	180	150	305	12.9	17.0	14.7	20.4	16.5	24.0
28.7 (1-1/8")	205	170	345	15.4	21.5	15.4	21.5	15.4	21.5
32.3 (1-1/4")	230	190	380	18.0	26.3	18.0	26.3	18.0	26.3

Notas:

- 1 - Los valores tabulados corresponden a tornillo como mínimo de calidad NTC 4034 (ASTM A 307) Los tornillos deben tener una cabeza estándar en la parte embebida
- 2 - Los valores tabulados corresponde a anclajes instalados a las distancias de borde y separaciones especificadas. Las distancias al borde y las separaciones pueden reducirse un 50% con una reducción equivalente de las fuerzas permitidas. Se puede emplear interpolación lineal para espaciamientos y distancias al borde intermedias.
- 3 - Debe utilizarse un anclaje mínimo 50 mm mayor para anclajes localizados en la parte superior de columnas pertenecientes a estructuras con capacidad moderada (DMO) y especial (DES) de disipación de energía.

C.23.2.2 - COMBINACION DE TRACCION Y CORTANTE - Cuando el tornillo o perno de anclaje esté sometido simultáneamente a tracción y fuerza cortante, debe emplearse la siguiente ecuación de interacción:

$$\left(\frac{P_s}{P_t}\right)^{\frac{5}{3}} + \left(\frac{V_s}{V_t}\right)^{\frac{5}{3}} \leq 1 \quad (C.23-1)$$

Donde P_s y V_s, corresponden a los valores solicitados de tracción y cortante respectivamente, y P_t y V_t, corresponden a los valores admisibles leídos de la tabla C.23-1, de tracción y cortante respectivamente.

C.23.3 - DISEÑO POR EL METODO DE LA RESISTENCIA

C.23.3.1 - FUERZAS MAYORADAS - Las fuerzas mayoradas solicitadas sobre los tornillos y pernos con cabeza, no deben exceder los valores que se obtengan de acuerdo con los requisitos de la presente sección. Deben tenerse en cuenta las limitaciones de C.23.1.3.2 al calcular las fuerzas mayoradas

C.23.3.2 - RESISTENCIA DE LOS ANCLAJES - La resistencia de los anclajes embebidos en el concreto debe tomarse como la menor de las resistencias asociadas con la falla del concreto o la falla del acero del anclaje. Debe procurarse que la falla del anclaje, especialmente cuando está sometido a fuerzas dinámicas o sísmicas, se inicie con la falla del acero del anclaje y no con la del concreto donde se encuentra embebido. Se permite utilizar acero de refuerzo en anclajes que transmiten fuerzas de tracción y/o cortante, pero diseñándolos tomando en cuenta sus longitudes de desarrollo y su orientación con respecto a los planos de falla del concreto. La resistencia de tornillos y pernos con cabeza puede basarse en ensayos experimentales, realizados de acuerdo con C.23.3.3, o en los procedimientos dados en C.23.3.4. En pernos con cabeza el área de apoyo sobre el concreto de la cabeza, debe ser al menos 1.5 veces el área del perno en su vástago o espigo.

C.23.3.3 - RESISTENCIA BASADA EN ENSAYOS EXPERIMENTALES - La resistencia de los anclajes puede basarse en no menos de diez ensayos experimentales realizados utilizando los materiales, la configuración, tipo de anclajes, longitudes de anclaje, distancias al borde, platinas de base, y cargas a emplear en la obra. La resistencia nominal debe determinarse del valor promedio obtenido en los ensayos, menos una desviación estándar. El coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , que se aplica a la resistencia nominal debe ser igual a 0.8 cuando la falla del anclaje se produce en el acero en la mayoría de los casos, y 0.65 cuando controla la falla del concreto.

C.23.3.4 - RESISTENCIA OBTENIDA ANALITICAMENTE - La resistencia de los anclajes puede determinarse por medio de los procedimientos dados en C.23.3.4.1 a C.23.3.4.3.

C.23.3.4.1 - Resistencia en tracción - La resistencia de diseño a la tracción de anclajes individuales, o de conjuntos adecuadamente conectados, debe ser la mínima de ϕP_{ns} o ϕP_{nc} , donde:

(a) Resistencia a tracción cuando gobierna el acero.

$$\phi P_{ns} = \phi A_b f_s' n \quad (C.23-2)$$

en este caso el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.9.

(b) Resistencia a tracción cuando gobierna la falla del concreto:

(1) - Para anclajes individuales, o grupos de anclajes con una separación entre anclajes individuales mayor que dos veces su longitud de anclaje, y localizados al menos una longitud de anclaje del borde del concreto.

$$\phi P_{nc} = \phi 0.23 \sqrt{f_c'} A_s n \quad (C.23-3^*)$$

En este caso, el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.65, a menos que se coloque refuerzo transversal en el concreto para confinar el concreto que rodea el anclaje y que pasa por entre la superficie de falla, caso en el cual se puede tomar un valor de 0.85.

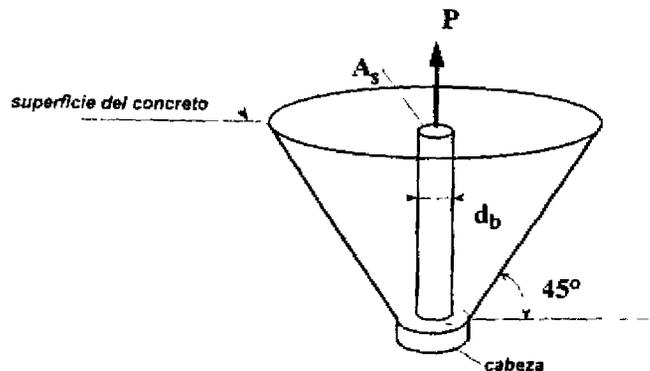


Figura C.23-1 - Cono de falla para un solo anclaje con cabeza

Cuando cualquier anclaje se encuentra localizado del borde del concreto a una distancia, menor que la longitud de anclaje, la resistencia a la tracción de ese anclaje debe reducirse proporcionalmente a la distancia al borde dividida por la longitud de anclaje. Cuando hay distancias a varios bordes

menores que la longitud de anclaje, debe emplearse una reducción por cada distancia menor que la longitud de anclaje, las cuales son acumulativas.

(2) - Para grupos de anclajes cuando la separación entre anclajes es menor que dos veces la longitud de anclaje:

$$\phi P_{nc} = \phi \sqrt{f'_c} (0.23 A_p + 0.33 A_t) \quad (C.23-4^*)$$

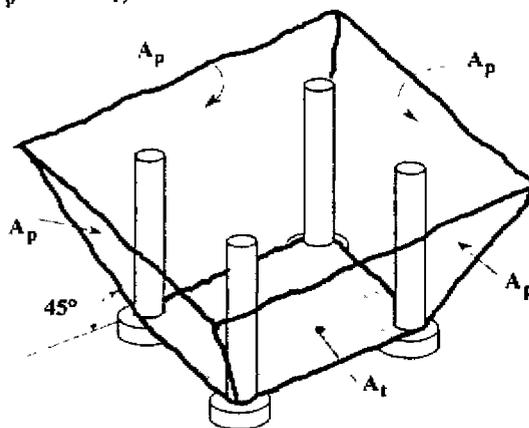


Figura C.23-2 - Pirámide truncada de falla para un grupo de anclajes con cabeza

En este caso, el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.65, a menos que se coloque refuerzo transversal en el concreto para confinar el concreto que rodea el anclaje y que pasa por entre la superficie de falla, caso en el cual se puede tomar un valor de 0.85.

Cuando cualquier anclaje se encuentra localizado del borde del concreto a una distancia, menor que la longitud de anclaje, la resistencia a la tracción debe calcularse utilizando el área A_p reducida apropiadamente.

Los grupos de anclajes deben verificarse para una superficie de falla que pasa totalmente a través del elemento de concreto, suponiendo que el tronco de pirámide se extiende hacia la superficie opuesta a la del anclaje y en este caso se toma el valor de A_p correspondientes a este nuevo tronco de pirámide y A_t se toma como cero. Debe emplearse el valor de la resistencia del grupo que conduzca al menor valor

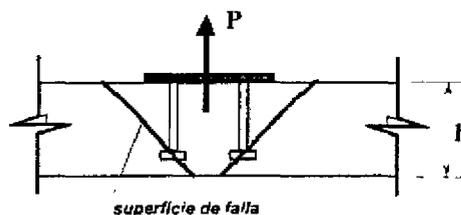


Figura C.23-3 - Superficie de falla para un grupo de anclajes colocados en una sección delgada

C.23.3.4.2 - Resistencia a cortante - La resistencia de diseño a cortante de los anclajes, debe ser la mínima de ϕV_{ns} o ϕV_{nc} , donde

(a) Cuando la dirección de la fuerza cortante es hacia el borde del concreto, y éste se encuentra a una distancia d_c , medida desde la fila de anclajes más alejada del borde, mayor o igual a 15 diámetros de anclaje y la distancia desde la fila de anclajes más cercanos al borde no es menor de 6 diámetros de anclaje, la resistencia a cortante se determina por medio de las ecuaciones C.23-5, ó C 23-6

$$\phi V_{ns} = \phi A_b f'_s n \quad (C.23-5)$$

en este caso el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.75.

$$\phi V_{nc} = \phi 67 A_b \sqrt{f'_c} n \quad (\text{C.23-6}^*)$$

en este caso el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.65.

(b) Cuando la dirección de la fuerza cortante es hacia el borde del concreto, y éste se encuentra a una distancia d_e , medida desde la fila de anclajes más alejada del borde, menor a 15 diámetros de anclaje y la distancia desde la fila de anclajes más cercanos al borde es menor de 6 diámetros de anclaje, la resistencia a cortante se determina por medio de las ecuaciones C.23-7, ó C.23-8:

$$\phi V_{ns} = \phi A_b f'_s n_b \quad (\text{C.23-7})$$

en este caso el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.75.

$$\phi V_{nc} = \phi V'_{nc} C_w C_t C_c \quad (\text{C.23-8})$$

en este caso el coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , se toma como 0.65, y $\phi V'_c$ se determina por medio de la ecuación C.23-9, C_w por medio de la ecuación C.23-10, C_t por medio de la ecuación C.23-11, y C_c por medio de la ecuación C.23-12.

La resistencia de diseño de un anclaje en la fila más alejada del borde, $\phi V'_c$ es:

$$\phi V'_c = \phi 5.29 d_e^{1.5} \sqrt{f'_c} \leq \phi 67 A_b \sqrt{f'_c} \quad (\text{C.23-9}^*)$$

El coeficiente de ajuste por efectos de grupo, C_w es:

$$C_w = 1 + \left(\frac{b}{3.5d_e} \right) \leq n_b \quad (\text{C.23-10})$$

El coeficiente de ajuste por espesor del elemento de concreto, C_t es:

$$C_t = \frac{h}{1.3d_e} \leq 1.0 \quad (\text{C.23-11})$$

El coeficiente de ajuste por efectos de esquina, C_c es:

$$C_c = 0.4 + 0.7 \left(\frac{d_c}{d_e} \right) \leq 1.0 \quad (\text{C.23-12})$$

Para efectos de la resistencia al corte, en aquellas situaciones donde la longitud de anclaje o las distancias al borde del concreto están limitadas, se permite el empleo de refuerzo para confinar el concreto para evitar fallas prematuras

(c) Cuando la dirección de la fuerza cortante es hacia el interior de la sección de concreto, la resistencia a cortante se determina por medio de la ecuación C.23-5.

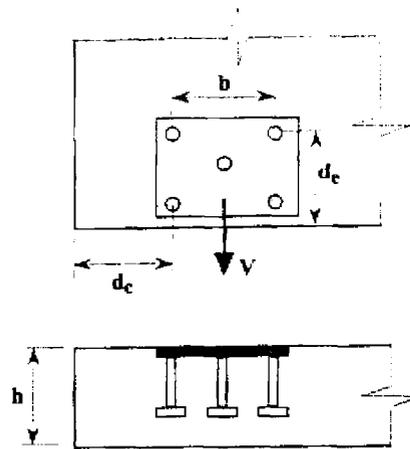


Figura C.23-4 - Cortante en un grupo de anclajes con cabeza

C.23.3.4.3 - Tracción y corte combinados - Cuando la tracción y el cortante actúan simultáneamente, deben cumplir todas las condiciones siguientes, tomando en cada caso el valor del coeficiente de reducción de resistencia, ϕ , apropiado:

$$\left(\frac{V_u}{\phi V_{nc}} \right) \leq 1.0 \quad (\text{C.23-13})$$

$$\left(\frac{P_u}{\phi P_{nc}} \right) \leq 1.0 \quad (\text{C.23-14})$$

$$\left(\frac{P_u}{\phi P_{nc}} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{\phi V_{nc}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (\text{C.23-15})$$

$$\left(\frac{P_u}{\phi P_{ns}} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{\phi V_{ns}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (\text{C.23-16})$$