

C.21.6.4.1 - Espesor mínimo de los diafragmas - Los diafragmas que transmitan fuerzas sísmicas, deben tener los siguientes espesores mínimos:

ESPESOR MINIMO DE LOS DIAFRAGMAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
Los diafragmas de concreto deben tener un espesor mínimo de 45 mm. Dentro de este espesor se puede incluir el mortero de afinado, siempre y cuando este esté reforzado y adecuadamente adherido al diafragma. (Véase el Capítulo C.13)	Los diafragmas de concreto deben tener un espesor mínimo de 45 mm. Dentro de este espesor se puede incluir el mortero de afinado, siempre y cuando este esté reforzado y adecuadamente adherido al diafragma. (Véase el Capítulo C.13)	Los diafragmas de concreto deben tener un espesor mínimo de 50 mm. Dentro de este espesor se puede incluir el mortero de afinado, siempre y cuando este esté reforzado y adecuadamente adherido al diafragma. (Véase el Capítulo C.13)

C.21.6.4.2 - Sistemas de entrepiso prefabricados - Los diafragmas compuestos por elementos prefabricados deben cumplir los siguientes requisitos:

DIAFRAGMAS COMPUESTOS POR ELEMENTOS PREFABRICADOS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales diferentes a los de la sección C.7.13.	Los diafragmas compuestos por elementos prefabricados, deben tener una porción superior vaciada en el sitio, la cual debe ser reforzada, y detallada para garantizar una transferencia total de las fuerzas sísmicas a los elementos colectores, cuerdas del diafragma, y elementos verticales del sistema de resistencia sísmica. La superficie del concreto endurecido sobre el cual se vacía la parte superior debe estar limpia, libre de lechada, y debe tener rugosidades hechas intencionalmente. La porción vaciada en sitio se puede obviar únicamente si se proveen anclajes resistentes a tracción, de los elementos prefabricados a los miembros del sistema de resistencia sísmica; y los elementos prefabricados se unen entre si, por medio de llaves de cortante inyectadas o por medio de dispositivos metálicos anclados en los elementos prefabricados y soldados entre si en el sitio. Los anclajes y elementos de conexión deben cumplir las fuerzas en el diafragma prescritas en el Capítulo A.3	Los diafragmas compuestos por elementos prefabricados, deben tener una porción superior vaciada en el sitio, la cual debe ser reforzada, y detallada para garantizar una transferencia total de las fuerzas sísmicas a los elementos colectores, cuerdas del diafragma, y elementos verticales del sistema de resistencia sísmica. La superficie del concreto endurecido sobre el cual se vacía la parte superior debe estar limpia, libre de lechada, y debe tener rugosidades hechas intencionalmente. La porción vaciada en sitio se puede obviar únicamente si se proveen anclajes resistentes a tracción, de los elementos prefabricados a los miembros del sistema de resistencia sísmica; y los elementos prefabricados se unen entre si, por medio de llaves de cortante inyectadas o por medio de dispositivos metálicos anclados en los elementos prefabricados y soldados entre si en el sitio. Los anclajes y elementos de conexión deben cumplir las fuerzas en el diafragma prescritas en el Capítulo A.3.

C.21.6.5 - REQUISITOS PARA ESFUERZOS CORTANTES - La resistencia a los esfuerzos cortantes y la tracción diagonal debe obtenerse de acuerdo con los requisitos del Capítulo C.11 y los siguientes requisitos adicionales:

ESFUERZOS CORTANTES EN MUROS Y DIAFRAGMAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales.	(a) La resistencia nominal a cortante debe determinarse utilizando (b) o (c).	(a) La resistencia nominal a cortante debe determinarse utilizando (b) o (c)
	(b) La resistencia nominal al cortante, V_n , de muros estructurales y diafragmas no debe exceder el valor dado por la ecuación C.21-6. $V_n = A_{cv} \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} + \rho_n f_y \right) \quad \text{(C.21-6*)}$	(b) La resistencia nominal al cortante, V_n , de muros estructurales y diafragmas no debe exceder el valor dado por la ecuación C.21-6 $V_n = A_{cv} \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} + \rho_n f_y \right) \quad \text{(C.21-6*)}$
	(c) En muros (diafragmas) o segmentos de muro (o diafragma) que tengan una relación h_w/l_w menor que 2.0, la resistencia nominal al cortante, V_n , debe determinarse utilizando la ecuación C.21-7, donde el coeficiente α_c varía linealmente desde 0.80 para $h_w/l_w = 1.5$ hasta 0.53 para $h_w/l_w = 2.0$ $V_n = A_{cv} \left(\frac{\alpha_c \sqrt{f'_c}}{12} + \rho_n f_y \right) \quad \text{(C.21-7*)}$	(c) En muros (diafragmas) o segmentos de muro (o diafragma) que tengan una relación h_w/l_w menor que 2.0, la resistencia nominal al cortante, V_n , debe determinarse utilizando la ecuación C.21-7, donde el coeficiente α_c varía linealmente desde 0.80 para $h_w/l_w = 1.5$ hasta 0.53 para $h_w/l_w = 2.0$. $V_n = A_{cv} \left(\frac{\alpha_c \sqrt{f'_c}}{12} + \rho_n f_y \right) \quad \text{(C.21-7*)}$
	(d) En (c) el valor de la relación h_w/l_w utilizada para determinar V_n para los segmentos de muro o diafragma debe ser la mayor relación entre la de todo el muro o diafragma y la del segmento de muro o diafragma bajo consideración.	(d) En (c) el valor de la relación h_w/l_w utilizada para determinar V_n para los segmentos de muro o diafragma debe ser la mayor relación entre la de todo el muro o diafragma y la del segmento de muro o diafragma bajo consideración.
	(e) Los muros (diafragmas) deben tener refuerzo para cortante distribuido de tal manera que provea resistencia en dos direcciones ortogonales en el plano del muro (diafragma). Si la relación h_w/l_w no excede 2.0, la cuantía de refuerzo ρ_v no puede ser menor que la cuantía de refuerzo ρ_n .	(e) Los muros (diafragmas) deben tener refuerzo para cortante distribuido de tal manera que provea resistencia en dos direcciones ortogonales en el plano del muro (diafragma). Si la relación h_w/l_w no excede 2.0, la cuantía de refuerzo ρ_v no puede ser menor que la cuantía de refuerzo ρ_n .
	(f) La resistencia nominal a cortante de porciones del muro que comparten una fuerza horizontal común no debe exceder $(2/3)A_{cv} \sqrt{f'_c}$ donde A_{cv} representa el área total de la sección y el cortante nominal de cualquier	(f) La resistencia nominal a cortante de porciones del muro que comparten una fuerza horizontal común no debe exceder $(2/3)A_{cv} \sqrt{f'_c}$ donde A_{cv} representa el área total de la sección y el cortante nominal de cualquier

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sísmo resistente

<p>porción de muro individualmente no puede exceder $(5/6)A_{cp}\sqrt{f'_c}$ donde A_{cp} representa el área de la porción de muro.</p>	<p>porción de muro individualmente no puede exceder $(5/6)A_{cp}\sqrt{f'_c}$ donde A_{cp} representa el área de la porción de muro.</p>
<p>(g) La resistencia nominal a cortante de elementos horizontales del muro (vigas de enlace) no puede exceder $(5/6)A_{cp}\sqrt{f'_c}$ donde A_{cp} representa el área de la sección del elemento horizontal del muro.</p>	<p>(g) La resistencia nominal a cortante de elementos horizontales del muro (vigas de enlace) no puede exceder $(5/6)A_{cp}\sqrt{f'_c}$ donde A_{cp} representa el área de la sección del elemento horizontal del muro.</p>

C.21.6.6 - ELEMENTOS DE BORDE EN MUROS ESTRUCTURALES - Los elementos de borde de los muros estructurales, cuando se requieran, deben cumplir los siguientes requisitos:

ELEMENTOS DE BORDE EN MUROS ESTRUCTURALES		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
<p>No se requieren elementos de borde.</p>	<p>(a) Deben colocarse elementos de borde en los bordes y alrededor de las aberturas de los muros estructurales cuando el máximo esfuerzo en la fibra extrema, producido por las fuerzas sísmicas mayoradas que incluyan efectos sísmicos, exceda $0.3f'_c$, a menos que todo el muro esté reforzado de tal manera que cumpla los requisitos de los literales (a) a (d) de C.21.4.4. Los elementos de borde pueden discontinuarse cuando el esfuerzo de compresión calculado en la fibra extrema sea menor que $0.22f'_c$. Los esfuerzos pueden calcularse utilizando las fuerzas mayoradas, un modelo matemático linealmente elástico y las dimensiones brutas de la sección.</p>	<p>(a) Deben colocarse elementos de borde en los bordes y alrededor de las aberturas de los muros estructurales cuando el máximo esfuerzo en la fibra extrema, producido por las fuerzas sísmicas mayoradas que incluyan efectos sísmicos, exceda $0.2f'_c$, a menos que todo el muro esté reforzado de tal manera que cumpla los requisitos de los literales (a) a (d) de C.21.4.4. Los elementos de borde pueden discontinuarse cuando el esfuerzo de compresión calculado en la fibra extrema sea menor que $0.15f'_c$. Los esfuerzos pueden calcularse utilizando las fuerzas mayoradas, un modelo matemático linealmente elástico y las dimensiones brutas de la sección.</p>
	<p>(b) Los elementos de borde, cuando se requieran, deben tener el refuerzo transversal especificado en los literales (a) a (d) de C.21.4.4.</p>	<p>(b) Los elementos de borde, cuando se requieran, deben tener el refuerzo transversal especificado en los literales (a) a (d) de C.21.4.4.</p>
	<p>(c) Los elementos de borde deben diseñarse de tal manera que sean capaces de resistir todas las fuerzas verticales mayoradas que actúan sobre el muro, incluyendo el peso propio, y las fuerzas verticales necesarias para resistir el momento de vuelco calculado para las fuerzas horizontales mayoradas producidas por el sismo.</p>	<p>(c) Los elementos de borde deben diseñarse de tal manera que sean capaces de resistir todas las fuerzas verticales mayoradas que actúan sobre el muro, incluyendo el peso propio, y las fuerzas verticales necesarias para resistir el momento de vuelco calculado para las fuerzas horizontales mayoradas producidas por el sismo.</p>
	<p>(d) El refuerzo transversal de los muros que tengan elementos de borde debe anclarse dentro del núcleo confinado del elemento de borde de tal manera que sea capaz de resistir el f_y del refuerzo</p>	<p>(d) El refuerzo transversal de los muros que tengan elementos de borde debe anclarse dentro del núcleo confinado del elemento de borde de tal manera que sea capaz de resistir el f_y del refuerzo</p>

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sísmo resistente

	transversal.	transversal
	(e) Excepto cuando la fuerza cortante en el plano del muro, V_u , sea menor que $(1/12)A_{cv}\sqrt{f'_c}$ el refuerzo transversal que termina en el borde de los muros estructurales debe tener un gancho estándar que abrace el acero longitudinal localizado en el borde, o el refuerzo cercano al borde debe estar abrazado por estribos en forma de U, de barra del mismo diámetro del refuerzo transversal del muro, con el mismo espaciamiento igual, y empalmado con él.	(e) Excepto cuando la fuerza cortante en el plano del muro, V_u , sea menor que $(1/12)A_{cv}\sqrt{f'_c}$ el refuerzo transversal que termina en el borde de los muros estructurales debe tener un gancho estándar que abrace el acero longitudinal localizado en el borde, o el refuerzo cercano al borde debe estar abrazado por estribos en forma de U, de barra del mismo diámetro del refuerzo transversal del muro, con el mismo espaciamiento igual, y empalmado con él.
	(f) Los empalmes mecánicos y soldados del acero longitudinal de refuerzo del elemento de borde deben cumplir los requisitos de C.21.2.6.	(f) Los empalmes mecánicos y soldados del acero longitudinal de refuerzo del elemento de borde deben cumplir los requisitos de C.21.2.6.

C.21.6.7 - ELEMENTOS DE BORDE DE DIAFRAGMAS - Los elementos de borde de los diafragmas, cuando se requieran, deben cumplir los siguientes requisitos

ELEMENTOS DE BORDE DE DIAFRAGMAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales.	(a) Los elementos de borde de los diafragmas deben dimensionarse para que resistan la suma de las fuerzas axiales mayoradas que actúan en el plano del diafragma y la fuerza obtenida de dividir el momento mayorado en la sección por la distancia entre los elementos de borde en la sección. (b) Los empalmes del refuerzo de tracción de los elementos de borde y de los elementos colectores de los diafragmas deben ser capaces de desarrollar la resistencia a la fluencia del acero de refuerzo. Los empalmes mecánicos y soldados deben cumplir los requisitos de C.21.2.6	(a) Los elementos de borde de los diafragmas deben dimensionarse para que resistan la suma de las fuerzas axiales mayoradas que actúan en el plano del diafragma y la fuerza obtenida de dividir el momento mayorado en la sección por la distancia entre los elementos de borde en la sección. (b) Los empalmes del refuerzo de tracción de los elementos de borde y de los elementos colectores de los diafragmas deben ser capaces de desarrollar la resistencia a la fluencia del acero de refuerzo. Los empalmes mecánicos y soldados deben cumplir los requisitos de C 21 2.6.

C.21.6.8 - JUNTAS DE CONSTRUCCION - Las juntas de construcción de los muros y diafragmas deben cumplir los requisitos de C 6 4, y los siguientes requisitos adicionales:

JUNTAS DE CONSTRUCCION EN MUROS Y DIAFRAGMAS		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales adicionales a los de la sección C 6 4	No hay requisitos especiales, adicionales a los de la sección C.6.4	Las superficies de contacto se deben hacer rugosas de acuerdo con lo especificado en C.11.7 9, y se deben cumplir los requisitos de la sección C 6 4

C.21.6.9 - MUROS DISCONTINUOS - Las columnas que soportan muros discontinuos deben reforzarse de acuerdo con los requisitos del literal (f) de C.21 4.4.

C.21.6.10 - VIGAS DE ENLACE EN MUROS ESTRUCTURALES - Las vigas de enlace entre segmentos de muros estructurales deben cumplir los siguientes requisitos:

VIGAS DE ENLACE EN MUROS ESTRUCTURALES		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales.	(a) Las vigas de enlace con $l_n/d \geq 4$ deben diseñarse de acuerdo con los requisitos de C 21.3. Se permite dispensar el requisitos de C 21 3.1 (d) si se puede demostrar que existe adecuada estabilidad lateral de la viga	(a) Las vigas de enlace con $l_n/d \geq 4$ deben diseñarse de acuerdo con los requisitos de C.21 3 Se permite dispensar el requisitos de C.21 3.1 (c) y (d) si se puede demostrar que existe adecuada estabilidad lateral de la viga.
	(b) Las vigas de enlace con $l_n/d < 4$ pueden reforzarse utilizando dos grupos de barras intersectantes, simétricas en diagonal. Si la fuerza cortante mayorada, V_u , es mayor que $(0.31 \sqrt{f'_c} b_w d)$ la viga de enlace debe tener el refuerzo en diagonal que se define en (c) a (e).	(b) Las vigas de enlace con $l_n/d < 4$ pueden reforzarse utilizando dos grupos de barras intersectantes, simétricas en diagonal. Si la fuerza cortante mayorada, V_u , es mayor que $(0.31 \sqrt{f'_c} b_w d)$ la viga de enlace debe tener el refuerzo en diagonal que se define en (c) a (e)
	(c) Cada grupo de refuerzo en diagonal debe consistir en un mínimo de cuatro barras ensambladas en un núcleo cuya mínima dimensión es $b_w/2$. La resistencia de diseño ϕV_n ($\phi = 0.85$) debe ser mayor que V_u , donde V_n se calcula por medio de la ecuación C.21-8	(c) Cada grupo de refuerzo en diagonal debe consistir en un mínimo de cuatro barras ensambladas en un núcleo cuya mínima dimensión es $b_w/2$ La resistencia de diseño ϕV_n ($\phi = 0.85$) debe ser mayor que V_u , donde V_n se calcula por medio de la ecuación C.21-8.
	$V_n = 2f_y \text{sen} \alpha A_{vd} \leq \frac{5 \sqrt{f'_c}}{6} b_w d$ (C.21-8*)	$V_n = 2f_y \text{sen} \alpha A_{vd} \leq \frac{5 \sqrt{f'_c}}{6} b_w d$ (C.21-8*)
	cada grupo de barras en diagonal debe estar rodeado de refuerzo transversal de confinamiento que cumpla los requisitos de C.21 4 4 (a) y (b) Para efectos del valor de A_v , debe tomarse para cada grupo de barras en diagonal; la dimensión del núcleo más el recubrimiento apropiado, tal como se define en C.7 7	cada grupo de barras en diagonal debe estar rodeado de refuerzo transversal de confinamiento que cumpla los requisitos de C.21 4 4 (a) y (b) Para efectos del valor de A_v , debe tomarse para cada grupo de barras en diagonal; la dimensión del núcleo más el recubrimiento apropiado, tal como se define en C 7 7
(d) Debe colocarse refuerzo paralelo y transversal al eje longitudinal, el cual como mínimo, debe cumplir C.10 5, C 11 8 9 y C.11.8 10 Además puede incluirse el refuerzo en diagonal en el cálculo de la resistencia nominal a la flexión del elemento	(d) Debe colocarse refuerzo paralelo y transversal al eje longitudinal, el cual como mínimo, debe cumplir C 10 5, C 11 8 9, y C 11.8 10. Además puede incluirse el refuerzo en diagonal en el cálculo de la resistencia nominal a la flexión del elemento	
(e) No hay necesidad en el diseño	(e) No hay necesidad en el diseño	

NSR-98 – Capítulo C.21 – Requisitos para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI), moderada (DMO) y especial (DES), para diseño sismo resistente

	de vigas de enlace, de cumplir con los requisitos de refuerzo en diagonal si se puede demostrar que la falla de la viga de enlace no afecta la capacidad de soporte para cargas verticales de la estructura, la evacuación de la edificación, u otros efectos inconvenientes. En estos casos el diseño debe tener en cuenta el cambio en la rigidez de la estructura causado por esta falla.	de vigas de enlace, de cumplir con los requisitos de refuerzo en diagonal si se puede demostrar que la falla de la viga de enlace no afecta la capacidad de soporte para cargas verticales de la estructura, la evacuación de la edificación, u otros efectos inconvenientes. En estos casos el diseño debe tener en cuenta el cambio en la rigidez de la estructura causado por esta falla.
--	--	--

C.21.7 - ELEMENTOS QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA

C.21.7.1 - ALCANCE - Los elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica, deben cumplir los requisitos de C.21.7.2.

C.21.7.2 - FUERZAS DE DISEÑO Y REQUISITOS MINIMOS - Los elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica, deben verificarse para las fuerzas internas que se presentan cuando la estructura se ve sometida a los efectos causados por los movimientos sísmicos de diseño como los establece para estos elementos el Capítulo A.8. Según la magnitud de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del elemento, determinados para las deformaciones que se indican en A.8.3.1, se deben cumplir los siguientes requisitos

ELEMENTOS QUE NO HACEN PARTE DEL SISTEMA DE RESISTENCIA SISMICA		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Mínima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales	<p>(a) Cuando los momentos flectores o los esfuerzos cortantes inducidos por el sismo, combinados con los efectos de las cargas verticales, exceden la resistencia del elemento, deben cumplirse los siguientes requisitos según la magnitud de la fuerza axial mayorada correspondiente a las cargas verticales únicamente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la fuerza axial mayorada no excede $0.10f_c'A_g$ deben cumplirse los requisitos dados en C 21.3. • Si la fuerza axial mayorada excede $0.10f_c'A_g$ deben cumplirse los requisitos dados en C 21.4 	<p>(a) Cuando los momentos flectores o los esfuerzos cortantes inducidos por el sismo, combinados con los efectos de las cargas verticales, exceden la resistencia del elemento, deben cumplirse los siguientes requisitos según la magnitud de la fuerza axial mayorada correspondiente a las cargas verticales únicamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si la fuerza axial mayorada no excede $0.10f_c'A_g$ deben cumplirse los requisitos dados en C 21.3 • Si la fuerza axial mayorada excede $0.10f_c'A_g$ deben cumplirse los requisitos dados en C 21.4, excepto C 21.4.2, y en C 21.5
	<p>(b) Cuando no se exceda la resistencia del elemento, ni a flexión ni a cortante, el elemento debe cumplir los requisitos del literal (a) de C 21.3.2 y C 21.3.3</p>	<p>(b) Cuando no se exceda la resistencia del elemento, ni a flexión ni a cortante, el elemento debe cumplir los requisitos del literal (a) de C.21.3.2 y C 21.3.3.</p>

C.21.8 - PORTICOS LOSA-COLUMNA

C.21.8.1 - ALCANCE - En los pórticos donde la losa reemplaza la viga, utilizados como sistema estructural de resistencia sísmica debe tenerse especial cuidado de no exceder los requisitos de deriva del Título A. Para el análisis deben utilizarse los requisitos del Capítulo C 8 y C 13. Se deben cumplir los siguientes requisitos.

PORTICOS LOSA-COLUMNA		
Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico		
Minima - DMI	Moderada - DMO	Especial - DES
No hay requisitos especiales	(a) Las armaduras de flexión asociadas con los momentos mayorados de la losa, M_s , relacionados con efectos sísmicos, de las combinaciones dadas en B 2.4 deben colocarse dentro de la franja de columnas, tal como la define el Capítulo C.13.	No se permiten en estructuras de capacidad especial de disipación de energía. Véase el Título A.
	(b) La fracción de M_s definida por la ecuación C.13-1 debe resistirse por medio de refuerzo colocado dentro del núcleo confinado de la columna.	
	(c) Por lo menos la mitad del refuerzo de la franja de columnas en el apoyo debe colocarse dentro del ancho definido en C.13.4 9 2	
	(d) Por lo menos una cuarta parte del refuerzo superior de la franja de columnas en el apoyo debe ser continuo en toda la luz.	
	(e) El refuerzo inferior continuo de la franja de columnas no debe ser menor que un tercio del refuerzo negativo en el apoyo de la misma franja de columnas.	
	(f) Por lo menos la mitad del refuerzo inferior de la franja de columnas en el centro de la luz, debe ser continuo y debe desarrollar su resistencia a la fluencia en la cara del apoyo, como la define C.13.6 2 4	
	(g) En los bordes discontinuos todo el refuerzo superior e inferior del apoyo debe desarrollarse en la cara del apoyo como la define C 13 6 2 4	
	(h) En losas de porticos losa-columna aligeradas, las viguetas de capitel o de la franja de columna deben tener como minimo un ancho b_w mayor o igual a 150 mm, y tener estribos de confinamiento cerrados de dos ramas, espaciados a no más de $d/4$. Estos estribos deben llevarse al menos por una distancia $2d$ medida hacia el centro de la luz, a partir de la cara del capitel	
	(i) Las columnas de los pórticos	