



**DIVISION TÉCNICA DE ESTUDIO Y FOMENTO HABITACIONAL**  
**E.C.D. MEAV.MSZ.MCHM**  
**DIVISION JURIDICA**

**APRUEBA REGLAMENTO QUE FIJA LOS REQUISITOS DE DISEÑO Y CÁLCULO PARA EL HORMIGÓN ARMADO Y DEROGA EL DECRETO N° 118, DE (V. Y U.), DE 2010.**

**MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO**  
**SUBSECRETARIA**  
**- 6 DIC 2011**  
**DECRETO TRAMITADO**

**MINISTERIO DE HACIENDA**  
**OFICINA DE PARTES**  
**RECIBIDO**

**SANTIAGO, 02 NOV 2011**

**HOY SE DECRETO LO QUE SIGUE**

**N° 60 /**

**CONTRALORIA GENERAL**  
**TOMA DE RAZON**

**RECEPCION**

DEPART. JURIDICO		
DEP. T.R. Y REGISTRO		
DEPART. CONTABIL.		
SUB. DEP. C. CENTRAL		
SUB. DEP. E. CUENTAS		
SUB. DEP. C.P. Y BIENES NAC.		
DEPART. AUDITORIA		
DEPART. V.O.P., U y T.		
SUB DEP. MUNICIP.		

**REFRENDACION**

REF. POR \$ \_\_\_\_\_  
 IMPUTAC. \_\_\_\_\_

ANOT. POR \$ \_\_\_\_\_  
 IMPUTAC. \_\_\_\_\_

DEDUC. DTO. \_\_\_\_\_

**VISTO:** La Ley 16.391, en especial lo dispuesto en su artículo 2° número 3; el D.L. N° 1.305, de 1975, en su artículo 4°; lo previsto en los artículos 2°, 105 y 106, del D.F.L N° 458, de 1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones y sus modificaciones; la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, aprobada por D.S. N° 47, (V. y U.), de 1992 y sus modificaciones; la Ley 19.912; el D.S. N° 77, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, del año 2004, en especial lo dispuesto en su artículo 7°; el D.S. N° 118, (V. y U.), de 2010, que Aprueba Reglamento que Fija los Requisitos de Diseño y Cálculo para el Hormigón Armado; Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario o ACI 318S-08, del American Concrete Institute; el artículo 32, N° 6 de la Constitución Política de la República de Chile y la Resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República.

**TENIENDO PRESENTE:**

1.- Que al Ministerio de Vivienda y Urbanismo le corresponde, entre otras materias, dictar ordenanzas, reglamentos e instrucciones generales sobre urbanización de terrenos, construcción de viviendas, obras de equipamiento comunitario, desarrollo y planificación urbanos y cooperativas de viviendas.

2.- Que como es de público conocimiento, una amplia zona del país fue afectada por un sismo de intensidad excepcionalmente severa con características de terremoto el pasado 27 de febrero del año 2010, catástrofe que produjo un nivel de daños que se considera por sobre lo aceptable.



3.- Que en virtud de lo señalado en los puntos precedentes el Ministerio de Vivienda y Urbanismo dictó el D.S. N° 118, (V. y U.), de 2010, Reglamento que Fija los Requisitos de Diseño y Cálculo para Hormigón Armado, que esta Secretaría de Estado estimó necesario revisar, dado que a la época de su formulación se contaba con información parcial de las causas y consecuencias de los daños que la referida catástrofe provocó en las edificaciones del país, estableciéndose, en el indicado Reglamento Técnico, factores de seguridad y estándares que requieren ser ajustados, para lo cual convocó a un panel de expertos en materias relativas a diseño y Cálculo para Hormigón Armado que efectuara recomendaciones en este sentido, compuesto por:

Alfonso Larraín, ALV Ingeniería y Cía. Ltda.;

Armando Holzapfel, Cámara Chilena de la Construcción;

Augusto Holmberg, Instituto del Cemento y el Hormigón;

Carl Lüders, Pontificia Universidad Católica de Chile;

Carlos Méndez, Ministerio de Obras Públicas;

Carlos Sepúlveda Soruco, Gonzalo Santolaya Ingenieros Consultores S.A.;

Carmen Abarca, Instituto de la Construcción;

Eduardo Santos Muñoz, IEC S.A.;

Fernando Yáñez, IDIEM de la Universidad de Chile;

Gilberto Leiva, Universidad Técnica Federico Santa María;

Hernán Santa María, Pontificia Universidad Católica de Chile;

Iván Hrepic, Consultor Particular;

Juan Luis Ramírez, Colegio de Arquitectos de Chile;

Leonardo Massone, Universidad de Chile;

Leopoldo Breschi, VMB Ingeniería Ltda.;

Luis Díaz, Universidad de La Serena;

Manuel Brunet, Cámara Chilena de la Construcción;



Marcial Baeza, Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica – ACHISINA;

Marianne Küpfer, René Lagos y Asociados Ingenieros Civiles Ltda.;

Matías Hube, Pontificia Universidad Católica de Chile;

Miguel Sandor, Sandor Ingenieros;

Patricio Bonelli, Patricio Bonelli y Asociados Ltda.;  
René Lagos, René Lagos y Asociados Ingenieros Civiles Ltda.;

Rodolfo Saragoni, S y S Ingenieros Consultores Ltda.;

Rodrigo Concha, RCP Ingeniería Ltda.;

Rodrigo Jordán, Pontificia Universidad Católica de Chile;

Rodrigo Mujica, VMB Ingeniería Ltda.;

Rodrigo Vásquez, Consultor Particular;

Sergio Contreras, Colegio de Ingenieros de Chile;

Walter Brehme, Universidad de Chile - Facultad de Arquitectura, y

Guillermo Calderón, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

4.- Que el artículo 2º, del D.S. N° 77, del Ministerio de Economía, del año 2004, Reglamento de Ejecución del Título I de la Ley 19.912 y Requisitos para la Elaboración, Adopción y Aplicación de Reglamentos Técnicos y Procedimientos de Evaluación de Conformidad, establece que cuando sean necesarios reglamentos técnicos y existan normas internacionales pertinentes o sea inminente su formulación definitiva, los ministerios con facultades para adoptarlos, utilizarán esas normas internacionales o sus elementos pertinentes como base de sus reglamentos técnicos.

5.- Que en materia de Diseño y Cálculo para Hormigón Armado, existe la norma internacional denominada "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario" o ACI 318S-08, preparada por el Comité ACI 318, del American Concrete Institute, de los Estados Unidos de América, que corresponde a la versión en español y en sistema métrico del ACI 318-08.



6.- Que como resultado de las reuniones sostenidas por el panel de expertos se determinó que es urgente efectuar adecuaciones y complementaciones al D.S. N° 118, (V. y U.), de 2010, que ajusten los factores de seguridad y los estándares del Diseño y Cálculo para Hormigón Armado, de acuerdo a la información obtenida de los daños que ocasionó el sismo de febrero del año 2010, para lo cual resulta pertinente adoptar y aplicar, con los acondicionamientos propios de la realidad nacional, la norma internacional citada en el considerando precedente, siendo necesario la dictación de un reglamento técnico que lo reemplace, para su aplicación hasta que el Instituto Nacional de Normalización confeccione la norma técnica correspondiente y ésta sea declarada Norma Oficial de la República de Chile por decreto supremo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, dicto el siguiente:

#### DECRETO :

Apruébase el siguiente reglamento que fija los requisitos de diseño y cálculo para el hormigón armado.

#### Artículo 1°.-

Los elementos y estructuras de hormigón armado se deberán diseñar y construir de acuerdo con los requisitos y exigencias establecidos en la norma técnica del American Concrete Institute, denominada Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario ACI 318S-08, en adelante ACI 318S-08, con las adecuaciones indicadas en el artículo 3° del presente decreto.

#### Artículo 2°.-

Toda referencia a código, comentario, cláusula, simbología, figuras o tablas que se contengan en el presente decreto, deberá entenderse realizada a las contenidas en los siguientes documentos. Para referencias sin fecha, se aplicará la última edición oficial vigente del documento referenciado

- NCh148 *Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales*
- NCh163 *Áridos para morteros y hormigones – Requisitos generales*
- NCh170 *Hormigón – Requisitos generales*
- NCh204 *Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado*
- NCh433 *Diseño sísmico de edificios*



- NCh1174 *Construcción – Alambre de acero, liso o con entalladuras, de grado AT56-50H, en forma de barra rectas - condiciones de uso en el hormigón armado*
- NCh1498 *Hormigón – Agua de amasado – Requisitos*
- NCh1537 *Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso.*
- NCh1934 *Hormigón preparado en central hormigonera*
- NCh2123 *Albañilería confinada - Requisitos de diseños y cálculo*
- NCh2182 *Hormigón y mortero – Aditivos – Clasificación y requisitos*
- NCh2369 *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.*
- AC 133 *Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement*
- ACI 318S-08 *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentarios*

**Artículo N°3**

Fijanse las siguientes adecuaciones al ACI 318S-08. Los números de este artículo corresponden a las cláusulas del ACI 318S-08, que se modifican, adicionan o reemplazan.

**CODIGO**

**COMENTARIO**

<p><b>CAPITULO 1 – REQUISITOS GENERALES</b></p> <p><b>1.1 – Alcance</b></p> <p><b>1.1.3 –</b> Agregar el párrafo siguiente:</p> <p>Las normas chilenas, con las modificaciones indicadas en este Decreto, prevalecen sobre las normas correspondientes citadas en el código ACI 318S-08.</p>	<p><b>R 1.1.3 –</b> El ACI 318 forma una unidad, por lo cual sus disposiciones no se pueden usar en forma parcial ni para condiciones diferentes a las indicadas en este código, salvo que una disposición indicada en este artículo especifique algo diferente.</p>
<p><b>CAPITULO 2 – NOTACION Y DEFINICIONES</b></p> <p><b>2.1 – Notación del Reglamento</b></p> <p>Agregar las siguientes definiciones:</p> <p><math>A_{tr}</math> = área total de todo el refuerzo transversal dentro de un espaciamiento <math>s</math> que cruza el plano potencial de hendimiento a través del refuerzo que está siendo desarrollado, <math>mm^2</math>, Capítulo 12 y Capítulo 21</p> <p><math>c_c</math> = extensión de la zona a confinar en un muro medida desde su borde comprimido, Capítulo 21</p>	



$h'_w$  = altura de un muro medida desde el extremo superior del muro a la sección analizada, Capítulo 21

$H_t$  = Distancia entre el último nivel significativo del edificio y la sección crítica de un muro, Capítulo 21

$l_p$  = largo de una rótula plástica, Capítulo 21

$\delta_e$  = capacidad de desplazamiento elástico de un muro en su extremo superior, Capítulo 21

$\delta_u$  = desplazamiento de diseño según se define en NCh 433, Capítulo 21

$\delta'_u$  = desplazamiento relativo de diseño entre el extremo superior de un muro y el desplazamiento a nivel de la sección analizada, Capítulo 21

$\phi_e$  = curvatura en la sección crítica de un muro, consistente con  $\delta_e$ , Capítulo 21

## 2.2 – Definiciones

Agregar la siguiente definición:

**Sección crítica** – zona de un muro especial donde se espera que ocurra incursión inelástica cíclica, Capítulo 21.

## CAPITULO 3- MATERIALES

### 3.2 – Cementos

3.2.1 – Agregar la letra siguiente:

(h) NCh 148 *Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales.*

### 3.3 – Agregados

3.3.1 – Agregar las letras siguientes:

(c) NCh 163 *Áridos para morteros y hormigones- Requisitos generales.*

(d) NCh 170 *Hormigón – Requisitos generales.*

### 3.4 – Agua

Agregar la cláusula siguiente:



**3.4.3** – Los requisitos para el agua de amasado en hormigones es NCh 1498 Hormigón - Agua de amasado –Requisitos.

### **3.5– Acero de refuerzo**

#### **3.5.3 – Refuerzo corrugado**

**3.5.3.1** – Agregar las letras y el párrafo siguiente:

(e) NCh204 Acero – *Barras laminadas en caliente para hormigón armado.*

(f) NCh 1174 *Construcción – Alambre de acero liso o con entalladuras, de grado AT56-50H, en forma de barras rectas – Condiciones de uso en el hormigón armado.*

Las barras de acero de refuerzo de diámetro mayor que 40mm deben cumplir lo indicado en NCh204, y los requisitos de resaltes y tolerancias de masa indicados en el Anexo A de este Decreto.

### **3.6– Aditivos**

Agregar la cláusula siguiente:

**3.6.6** – Los requisitos para aditivos usados en hormigón es NCh 2182 *Hormigón y mortero – Aditivos – Clasificación y requisitos.*

### **3.8– Normas Citadas**

**3.8.1** – Agregar las siguientes normas chilenas:

NCh148 *Cemento – Terminología, clasificación y Especificaciones generales.*

NCh163 *Áridos para morteros y hormigones – Requisitos generales.*

NCh170 *Hormigón – Requisitos generales.*

NCh204 *Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado.*

NCh1498 *Hormigón – Agua de amasado – Requisitos.*

NCh1934 *Hormigón preparado en central hormigonera.*

NCh2182 *Hormigón y mortero – Aditivos – Clasificación y requisitos.*





**CAPITULO 4 - REQUISITOS DE DURABILIDAD**

**4.1 - Generalidades**

**4.1.1 - Agregar el párrafo siguiente:**

Respecto a los temas abordados en esta subcláusula, las normas chilenas correspondientes son:

NCh163 *Áridos para morteros y hormigones - Requisitos generales.*

NCh170 *Hormigón - Requisitos generales.*

**APITULO 5 - CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACION**

**5.1 - Generalidades**

**5.1.2 - Agregar el párrafo siguiente:**

Alternativamente se puede utilizar ensayos de cubos, considerando en las fórmulas de diseño el valor de  $f_c$  dado por la siguiente tabla de equivalencia que establece NCh170.Of1985 con la extensión que se indica:

$f_c$ (MPa)	Grado de hormigón (NCh170 con 10% de fracción defectuosa)
16	H20
20	H25
25	H30
30	H35
35	H40
40	H45
	>H45*)

\*) Para resistencias mayores que H45 el valor de  $f_c$  se debe determinar con probetas cilíndricas.

**R 5.1.2 -** La expresión matemática que relaciona la tensión  $f_c$  con la resistencia cubica del hormigón a los 28 días con un 10% de fracción defectuosa ( $R_{28(10\%)}$ ) es (según NCh170.Of1985) la siguiente:  
 $f_c = 0,8 R_{28(10\%)}$  ; para  $R_{28(10\%)} \leq 25$  MPa;  
 y  
 $f_c = R_{28(10\%)} - 5$ ;  $R_{28(10\%)}$  tal que  
 $25$  MPa <  $R_{28(10\%)} \leq 45$  MPa

<p><b>5.8 – Mezclado</b></p> <p><b>5.8.2 –</b> Agregar el párrafo siguiente:</p> <p>La norma chilena correspondiente es NCh1934 <i>Hormigón preparado en central hormigonera</i>.</p> <p><b>CAPITULO 7 – DETALLES DEL REFUERZO</b></p> <p><b>7.6 – Límites del espaciamiento del refuerzo</b></p> <p><b>7.6.6 –</b> Agregar la subcláusula siguiente:</p> <p><b>7.6.6.6 –</b> No se deben usar paquetes de barras en elementos en que el acero pueda entrar en rango plástico o donde pueda quedar sometido a esfuerzos sísmicos reversibles (tracción-comprensión).</p>	<p><b>R 7.6.6.6 –</b> Las barras que forman parte de paquetes quedan muy expuestas a sufrir pandeo una vez que falle el recubrimiento.</p>
<p><b>7.7 – Protección de concreto para el refuerzo</b></p> <p>Reemplazar 7.7.1, 7.7.2 y 7.7.3 por el texto siguiente:</p> <p>Se consideran las siguientes condiciones ambientales y de vaciado del hormigón:</p> <p>a) Condiciones ambientales severas:</p> <p>(i) Interior de edificios donde la humedad es alta (cocinas industriales, saunas, lavanderías. No se aplica a recintos habitados).</p> <p>(ii) Zonas donde se produce escurrimiento de agua (jardines, balcones).</p> <p>(iii) Condiciones atmosféricas industriales o marítimas adversas.</p> <p>b) Condiciones ambientales normales: Condiciones no incluidas en la categoría de condiciones severas.</p>	<p><b>R 7.7 –</b> Los recubrimientos mínimos se exigen por tres razones fundamentales:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Transferencia de esfuerzos de las barras de refuerzo al hormigón.</li> <li>2) Protección de la armadura contra la corrosión.</li> <li>3) Protección de la armadura contra los efectos del fuego, provocando un efecto retardador.</li> </ol> <p>Considerando principalmente los dos primeros efectos, se han definido recubrimientos diferentes a los recubrimientos únicos que exige el código ACI 318. La protección al fuego queda controlada por 7.7.8.</p> <p>Para el caso de condiciones ambientales severas, se han mantenido en general, salvo algunas excepciones, los recubrimientos señalados en el cuerpo principal del ACI 318. Para el caso de condiciones normales se proponen recubrimientos menores y parecidos a los que tradicionalmente se ocupan en Chile.</p>



**7.7.1 – Hormigón vaciado en obra  
(no preesforzado)**

Se debe proporcionar el siguiente recubrimiento libre mínimo de hormigón a la armadura, siempre que no sea inferior al exigido por 7.7.6 y 7.7.8:

	Recubrimiento libre mínimo mm	
	Condiciones normales	Condiciones severas
a) Hormigón colocado contra el suelo y permanentemente expuesto a él	50	70
b) Hormigón expuesto al suelo o al aire libre: Barras Ø 18 a Ø 56 Barras Ø 16 y diámetros menores	40 30	50 40
c) Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo Losas, muros, nervaduras: Barras Ø44 y Ø56 Barras Ø 16 a Ø36 Barras Ø12 y menores Vigas, columnas: Armadura principal Amarras, estribos, zunchos Cáscaras y placas plegadas: Barras Ø 18 y mayores Barras Ø 16, alambres de 16 mm de diámetro y menores	40 20 15 30 20 20 15	40 20 20 40 30 20 15
d) Elementos de confinamiento en albañilería: Armadura principal Ø 10 y menores Amarras, estribos, zunchos Ø 8 y menores	20 15	30 20

**7.7.2 – Hormigón vaciado en obra  
(preesforzado)**

Se debe dar el siguiente recubrimiento mínimo de hormigón a la armadura pretensada y no pretensada, ductos y anclajes en los extremos, siempre que no sea inferior al exigido en 7.7.6 y 7.7.8



	Recubrimiento libre mínimo mm	
	Condiciones Normales	Condiciones Severas
a) Hormigón colocado en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él	60	70
b) Hormigón expuesto al suelo o al aire libre: Paños de muros, losas y nervaduras Otros elementos	25 40	25 40
c) Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo: Losas, muros, nervaduras Vigas, columnas: Armadura principal Amarras, estribos, zunchos  Cáscaras y placas plegadas: Barras Ø16, alambres de 16 mm de diámetro y menores. Otro tipo de armadura, pero no menor que	20 30 20  10 d <sub>b</sub> 20	20 40 25  10 d <sub>b</sub> 20

### 7.7.3 - Hormigón prefabricado (fabricado en condiciones de control de planta)

Se debe dar el siguiente recubrimiento mínimo de hormigón a la armadura pretensada y no pretensada, ductos y anclajes en los extremos, siempre que no sea inferior al exigido en 7.7.6 y 7.7.8

	Recubrimiento libre mínimo mm	
	Condiciones normales	Condiciones severas
a) Hormigón expuesto al suelo o al aire libre: Paneles para muros: Barras Ø44 y Ø56 Barras Ø36 y menores Otros elementos: Barras Ø44 y Ø56 Barras Ø18 al Ø36 Barras Ø16, alambres de 16mm de diámetro y menores	40 20  50 30 20	40 20  50 40 30



b) Hormigón no expuesto a la acción del aire libre ni en contacto con el suelo:		
Losas, muros, nervaduras:		
Barras Ø44 y Ø56 y tendones de pretensado Ø > 40 mm	30	30
Tendones de pretensado Ø 40 y menores	20	20
Barras Ø36 y menores	15	15
Vigas, columnas:		
Armadura principal pero no menor que y no mayor que	$d_b$ 15 40	$d_b$ 15 40
Amarras, estribos y zunchos	10	10
Cáscaras y placas plegadas:		
Tendones de pretensado	20	20
Barras Ø18 y mayores	15	15
Barras Ø16, alambres de 16 mm de diámetro y menores	10	10

## 7.10 – Refuerzo transversal para elementos a compresión

### 7.10.4 – Espirales

Reemplazar el texto de 7.10.4.2 por el siguiente:

**7.10.4.2** – Para elementos construidos en obra, el diámetro de barra utilizado en espirales no debe ser menor a 8mm

### 7.10.5 – Estribos

Reemplazar el texto de 7.10.5.1 por el siguiente:

**7.10.5.1** – Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por medio de estribos de diámetro igual o mayor que un tercio del diámetro del refuerzo longitudinal que sujeta. Para paquetes de barras, el estribo debe ser de 12mm de diámetro o mayor. Se permite el uso de alambre corrugado o refuerzo electro soldado de alambre con un área equivalente.

## CAPITULO 8 – ANALISIS Y DISEÑO – CONSIDERACIONES GENERALES

### 8.7 – Rigidez



**8.7.1 – Agregar el párrafo siguiente:**

Para determinar la distribución de esfuerzos y las deformaciones sísmicas de servicio en estructuras que no presentan problemas de tipo P- $\delta$  se puede usar la inercia de la sección de hormigón sin agrietar y sin considerar el efecto de la armadura,  $I_g$ , y el módulo de elasticidad del hormigón,  $E_c$ , según 8.5.

**CAPITULO 9 – REQUISITOS DE RESISTENCIA Y FUNCIONAMIENTO**

**9.1 – Generalidades**

**9.1 – Agregar la cláusula siguiente:**

**9.1.4 –** Para los factores de carga y de reducción de la resistencia establecidos en 9.2.1, la combinación para cargas que incluyan el efecto sísmico se debe hacer reemplazando el factor de carga 1,0 para sismo por el factor 1,4 de acuerdo con 9.2.1 c), donde la sollicitación sísmica E se debe determinar de acuerdo con NCh433 *Diseño sísmico de edificios*.

**9.5 – Control de deflexiones**

**9.5.2 – Elementos reforzados en una dirección (no preesforzados)**

**9.5.3 – Elementos reforzados en dos direcciones (no preesforzados)**

**CAPITULO 12 – LONGITUDES DE DESARROLLO Y EMPALMES DEL REFUERZO**

**12.14 Empalmes del refuerzo – Generalidades**

**12.14.3 – Empalmes soldados y mecánicos**

**R.8.7.1 – Agregar luego del primer párrafo lo siguiente:**

En la práctica chilena para determinar los esfuerzos sísmicos y las deformaciones límites de servicio correspondientes se han utilizado las secciones brutas de los elementos.

**R 9.5.2.1 – Agregar el comentario siguiente:**

Los límites indicados en tabla 9.5 (a) pueden ser insuficientes para el control de deformaciones, especialmente en el caso de luces grandes (> 8 m) y voladizos.

**R 9.5.3.2 – agregar el comentario siguiente:**

Los límites indicados en tabla 9.5 (c) pueden ser insuficientes para el control de deformaciones, especialmente en el caso de luces grandes (>6 m) en la dirección más corta de la losa.



**12.14.3.2 – Reemplazar el texto por:**

Los empalmes mecánicos completos deben desarrollar en tracción o compresión, según sea requerido, al menos 1,4  $f_y$  nominal o 1,15  $f_y$  real característico de las barras empalmadas.

**12.14.3.4 – Reemplazar el texto por:**

Los empalmes soldados completos deben desarrollar en tracción o compresión, según sea requerido, al menos 1,4  $f_y$  nominal o 1,15  $f_y$  real característico de las barras empalmadas.

**CAPITULO 21 – DISPOSICIONES ESPECIALES PARA DISEÑO SISMICO**

**21.1 – Requisitos generales**

**21.1.1 – Alcance**

**21.1.1.1 – Agregar el párrafo siguiente:**

Los pilares y cadenas de muros de albañilería confinada no necesitan cumplir con las disposiciones del capítulo 21.

**21.1.1.2 – Agregar el párrafo siguiente:**

Para el diseño de elementos sismo resistentes de hormigón armado todas las regiones del territorio nacional deben ser consideradas de elevado riesgo sísmico.

Todas las estructuras de hormigón armado construidas en el territorio

**R 12.14.3.2 –** Muchas de las barras de refuerzo para hormigón que se usan actualmente en Chile tienen un  $f_y$  real que supera ampliamente el  $f_y$  nominal, de tal modo que la exigencia que la unión supere el valor 1,25  $f_y$  nominal (ACI), no garantiza que la barra pase a fluencia antes de que falle la unión. Por ello este decreto, adopta el factor 1,4 en lugar de 1,25, alternativamente, para garantizar comportamiento dúctil se debe vincular la resistencia de los empalmes mecánicos a la tensión de fluencia real de las barras a empalmar, adoptando el valor 1,15  $f_y$  real. Los ensayos se pueden realizar de acuerdo al protocolo AC 133 *Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement*, de ICC Evaluation Service, INC; 5 360 Workman Mill Road, Whittier, California 90601.

**R 12.14.3.4 –** Los aceros referidos en NCh204 no son de soldabilidad garantizada.

**R 21.1.1.1 –** Los pilares y cadenas de muros de albañilería confinada son elementos de un sistema compuesto que trabajan en conjunto con el panel interior de albañilería. No se comportan como elementos de marcos rígidos. Su función principal es confinar la albañilería del muro. Estos elementos se deben diseñar de acuerdo a lo indicado en NCh2123.

**R 21.1.1.2 –** Para resistir las fuerzas inducidas por los sismos se deben usar los sistemas estructurales contenidos en NCh433 de Diseño sísmico de edificios o en NCh2369 de Diseño sísmico de edificios industriales.



nacional deben asignarse a Categoría de Diseño Sísmico D del ACI318S-08.

**21.1.1.7** – Agregar a la letra (b) el párrafo siguiente:

Se permite el uso de muros estructurales ordinarios en estructuras de hasta 5 pisos que hayan sido diseñadas utilizando un factor de reducción de respuesta  $R$  ó  $R_o$  igual o menor que 4, de acuerdo a lo establecido en la tabla 5.1 de NCh 433Of.1996 Mod.2009.

Agregar la siguiente cláusula:

**21.1.1.9** – En estructuras mixtas con muros y marcos continuos en toda la altura del edificio, en los cuales los muros toman al menos un 75% del corte en la base, o cuando los marcos son capaces de alcanzar el desplazamiento correspondiente que se obtiene con el espectro elástico de NCh433 sin aplicar factores de reducción de la respuesta, los marcos se pueden dimensionar como marcos intermedios.

Sin embargo, los marcos de edificios estructurados exclusivamente con marcos se deben tratar como marcos especiales de acuerdo a las disposiciones de 21.5 a 21.8.

**R 21.1.1.9** – En edificios de hormigón armado que tengan muros en las dos direcciones principales de análisis, se espera que la demanda de desplazamiento sea mucho menor que en una estructura que no tenga muros. Los muros en los sistemas mixtos, además de disminuir la demanda de ductilidad en los marcos, evitan la formación de un piso blando, por lo que los marcos no necesitan tener gran ductilidad. Las disposiciones de los capítulos 1 al 19 y del capítulo 22 tienen por objeto proporcionar la tenacidad adecuada para estructuras no sometidas a movimientos sísmicos severos, denominadas como normales en el ACI 318, en las que no se requiere aplicar las disposiciones del capítulo 21. Sin embargo, resulta conveniente proporcionar un detalle adecuado que permita sostener desplazamientos inesperados, cuyos requisitos están contenidos en 21.3.

El desplazamiento de respuesta de la estructura al sismo de diseño contenido en la norma es algo mayor que  $R$  veces el desplazamiento calculado con el espectro reducido. Al aplicar disposiciones de desplazamientos es necesario conocer el desplazamiento real de respuesta esperado. Se estima que un marco que sea capaz de responder elásticamente, dentro del sistema, a un desplazamiento igual al calculado con el espectro elástico, sin aplicar el factor de reducción  $R$ , podrá sostener desplazamientos mayores sin necesidad de desarrollar grandes ductilidades, siendo suficiente aplicar las recomendaciones para marcos intermedios de este capítulo, que otorgan cierta ductilidad.





**21.1.5 – Refuerzo en pórticos especiales resistentes a momento y muros estructurales especiales**

Reemplazar la subcláusula 21.1.5.2 por la siguiente:

**21.1.5.2** – El refuerzo que resiste fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos de pórtico y en elementos de borde de muros debe cumplir con las disposiciones de NCh204, grados A630-420H o ASTM A706M. Se permite el uso de acero grados A440-280H y A560-350H de NCh204 en estos elementos siempre que la resistencia real a la fluencia no sea mayor que  $f_y$  en más de 125 MPa (los reensayos no deben exceder este valor por más de 21 MPa).

El acero AT56-50H que no cumpla con  $f_u/f_y$  mayor o igual que 1,25 se puede utilizar siempre que:

- i) No sea en zonas críticas donde el acero pueda entrar en rango plástico.
- ii) No sea utilizado como malla de corte en muros, a menos que se realice un diseño por capacidad que asegure que el comportamiento del elemento no estará controlado por la falla de corte.

El valor de  $f_{yt}$  para el refuerzo transversal incluyendo los refuerzos en espiral no debe exceder de 700 MPa.

**21.1.6 – Empalmes mecánicos en pórticos especiales resistentes a momento y muros estructurales especiales**

**21.1.6.1** – Reemplazar letra (b) por el párrafo siguiente:

(b) Los empalmes mecánicos tipo 2 deben cumplir con lo indicado en 12.14.3.2 y desarrollar en tracción o comprensión, según sea requerido, al menos la resistencia de tracción nominal de las barras empalmadas y el 90% de la resistencia de tracción real de las barras empalmadas.

**R 21.1.5.2** – La limitación de la tensión de fluencia real tiene por objetivo garantizar que el diseño por capacidad cumpla con su objetivo: que la falla de corte no se produzca antes que la sección entre en fluencia por flexión.

Solamente en las zonas críticas se espera que la armadura fluya pudiendo alcanzar grandes deformaciones. En bordes de muros se ha observado que la armadura se ha cortado (fractura). Por esta razón hay disposiciones de armadura mínima y de armadura de confinamiento para impedir la falla por fractura de la armadura traccionada, por lo que es necesario utilizar acero de alta tenacidad en estos sectores.

Sin embargo, el resto de la estructura permanece dentro del rango lineal, pudiéndose usar en esas zonas aceros con menor tenacidad.

**R 21.1.6.1** – Debido a que muchas de las barras de refuerzo para hormigón que se usan actualmente en Chile tienen un  $f_y$  real que supera ampliamente el  $f_y$  nominal, es necesario vincular la resistencia de los empalmes mecánicos a la resistencia de tracción real de las barras a empalmar.

<p><b>21.1.7 – Empalmes soldados en pórticos especiales resistentes a momento y muros estructurales especiales</b></p>	<p><b>R 21.1.7.1 – Agregar el párrafo siguiente:</b></p> <p>Los aceros referidos en NCh204 no son de soldabilidad garantizada.</p>
<p><b>21.6 – Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento</b></p> <p><b>21.6.2 – Resistencia mínima a flexión de columnas</b></p> <p><b>21.6.2.2 – Agregar el párrafo siguiente:</b></p> <p>La exigencia dada por la ecuación (21-1) no necesariamente se debe cumplir en los nudos de cielo del último piso de edificios de marcos.</p> <p><b>21.6.4 – Refuerzo transversal</b></p> <p><b>21.6.4.2 – Agregar al final del párrafo:</b></p> <p>Los estribos y trabas suplementarias deben tener ambos extremos doblados en un ángulo mayor o igual que 135 grados.</p> <p><b>21.9 – Muros estructurales especiales y vigas de acople</b></p> <p><b>21.9.1 – Alcance</b></p> <p>Agregar la subcláusula siguiente:</p> <p><b>21.9.1.1 –</b> Los muros especiales de espesor inferior a <math>l_w/16</math> deberán ser diseñados considerando los problemas de inestabilidad que pudiesen afectar su comportamiento.</p>	<p><b>R 21.6.2.2 –</b> La existencia de una rótula en el extremo superior de una columna en el último piso no constituye riesgo de formación de piso blando, de manera que es indiferente que la rótula se forme en la columna o en la viga del cielo del último piso.</p>

## 21.9.2 – Refuerzo

**21.9.2.2** – Reemplazar el texto por el siguiente:

Todos los muros resistentes a solicitaciones sísmicas se deben armar con al menos dos capas de armadura.

**21.9.2.3** –  
Agregar la letra (e):

(e) En la longitud de empalme del refuerzo longitudinal en el núcleo confinado de una zona crítica, cuando la cuantía de refuerzo longitudinal en este núcleo sea superior a  $2.8/f_y$  o cuando el recubrimiento a la barra longitudinal de diámetro  $d_b$  sea menor que  $2d_b$ , deberá verificarse que en el plano vertical que contiene a las barras empalmadas se cumpla la ecuación 21-6a

$$A_{tr} f_{yt} l_d / s \geq A_b f_y \quad (21-6a)$$

Agregar la siguiente cláusula:

**21.9.2.4** – El refuerzo de los elementos especiales de borde debe satisfacer (a) y (b).

- El diámetro de las barras longitudinales en los elementos de borde debe ser menor o igual que un noveno de la menor dimensión del elemento de borde.
- El diámetro del refuerzo transversal del elemento de borde debe ser igual o mayor que un tercio del diámetro del refuerzo longitudinal que sujeta.

## 21.9.5 – Diseño a flexión y carga axial

Reemplazar el texto de la sub cláusula 21.9.5.2 por el siguiente:

**21.9.5.2** – Al verificar el diseño de las secciones transversales compuestas (L,T, C, u otras formas) se debe considerar la sección completa con todas las armaduras especificadas. Alternativamente, se puede verificar utilizando el ancho efectivo del ala. El ancho efectivo del ala en secciones con

**R 21.9.2.2** – Existe consenso en que aún cuando se pueda usar solamente una malla central desde el punto de vista de la resistencia, el uso doble malla asegura estabilidad fuera del plano y tiene ventajas prácticas en cuanto a la colocación del hormigón en obra y confina mejor el núcleo de hormigón dentro de la zona panel del muro.

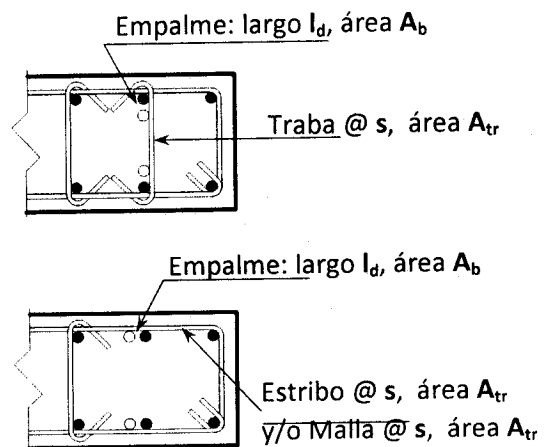


Fig. R 21.9.2.3 Refuerzo transversal en empalmes.

alas debe extenderse desde la cara del alma una distancia igual al menor valor entre la mitad de la distancia al alma de un muro adyacente y el 25% de la altura total del muro.

Agregar las siguientes cláusulas:

**21.9.5.3** – El máximo valor de  $P_u$  actuando en la sección transversal definida en 21.9.5.2 debe ser menor o igual que  $0.35f'_cA_g$ .

**21.9.5.4** – La sección crítica de todo muro con razón de aspecto  $H_t/l_w$  mayor o igual a 3 debe tener una capacidad de curvatura,  $\phi$ , mayor que la demanda de curvatura,  $\phi_u$ , calculada a partir de la expresión (21-7a). Alternativamente se permite calcular  $\phi_u$  con la expresión (21-7b). Esta verificación se debe hacer considerando la mayor carga axial  $P_u$  consistente con  $\delta_u$ . La deformación unitaria,  $\epsilon_c$ , en la fibra más comprimida de la sección crítica del muro deberá ser menor o igual que 0.008..

$$\phi_u = \frac{2\delta_u}{H_t l_w} = \frac{\epsilon_c}{c} \leq \frac{0.008}{c} \quad (21-7a)$$

$$\phi_u = \frac{\delta_u - \delta_e}{l_p (H_t - l_p/2)} + \phi_e = \frac{\epsilon_c}{c} \leq \frac{0.008}{c} \quad (21-7b)$$

El valor de  $l_p$  en la Ec. (21-7b) no debe tomarse superior a  $l_w/2$ , y los valores de  $\phi_e$  y  $\delta_e$  deben justificarse.

Se debe verificar la sección transversal definida en 21.9.5.2 con la carga axial  $P_u$ , considerando todo el refuerzo longitudinal presente en ésta. La capacidad de deformación debe ser verificada en el plano del muro coincidente con la dirección de análisis.

### **21.9.6 – Elementos de borde para muros estructurales especiales**

#### **21.9.6.2 –**

Reemplazar la letra (a) por lo siguiente:

(a) Las zonas de compresión deben ser reforzadas con elementos especiales de borde cuando:

**R 21.9.5.3** – El límite que se impone a la carga axial pretende asegurar una mínima capacidad de deformación plástica del muro. En secciones asimétricas (ej.: armadura asimétrica, secciones tipo T, etc.) este límite podría ser insuficiente.

Agregar lo siguiente al comentario:

**R 21.9.6.2** – No se considera necesario exigir el límite inferior de 0.007 para  $\delta'_u/h'_w$  en la ecuación (21-8) como lo hace ACI318S-08

El desplazamiento de diseño  $\delta'_u$  se puede calcular a partir de la forma del



$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u'/h_w')} \quad (21-8)$$

Donde  $c$ , en la ecuación (21-8), corresponde a la mayor profundidad del eje neutro calculada para la fuerza axial mayorada y resistencia nominal a momento congruente con el desplazamiento de diseño  $\delta_u$ .

#### 21.9.6.4 -

Reemplazar la letra (a) por lo siguiente:

- (a) El elemento de borde debe extenderse horizontalmente desde la fibra extrema en compresión hasta una distancia no menor que el valor de  $c_c$  determinado como:

$$\frac{c_c}{l_w} = \frac{c}{l_w} - \frac{1}{600\delta_u'/h_w'} \quad (21-8a)$$

Donde  $c$  corresponde a la mayor profundidad del eje neutro calculada para la fuerza axial mayorada y resistencia nominal a momento consistente con el desplazamiento de diseño  $\delta_u$ .

Reemplazar la letra (c) por lo siguiente:

- (c) El refuerzo transversal de los elementos especiales de borde debe cumplir con los requisitos especificados en 21.6.4.2 a 21.6.4.4, excepto que no se necesita cumplir con la ecuación (21-4) y el límite de espaciamiento transversal indicado en 21.6.4.3(a) es, para muros especiales, la mitad de la dimensión menor del elemento de borde. La separación horizontal,  $h_x$ , entre barras verticales lateralmente soportadas por estribos o trabas dentro del núcleo confinado no debe exceder al mínimo entre 200mm y la mitad del espesor del elemento de borde.

Agregar la letra (f):

- (f) El espesor del elemento de borde deberá ser mayor o igual a 300mm y el largo confinado deberá ser mayor o igual al espesor del muro en la zona confinada.

primer modo con mayor masa traslacional en la dirección de análisis considerada, asignándole a esta forma modal una amplitud en el último nivel significativo del edificio igual a  $\delta_u$ .

Agregar lo siguiente al comentario:

**R 21.9.6.4** - La ecuación (21-8a) determina la zona a confinar en función de la demanda de desplazamiento sísmico. La fórmula para determinar la zona a confinar indicada en ACI 318S-08 supone una demanda de desplazamiento igual al 1,5% de la altura del muro, lo que en la mayoría de los edificios habitacionales chilenos estructurados sobre la base de muros puede ser una hipótesis de diseño demasiado conservadora.



