

## **Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo**

### **Preámbulo**

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico *Estructuras de Hormigón Armado*, para reemplazar las normas NCh429.EOf1957 *Hormigón armado - Parte 1* y NCh430.EOf1961 *Hormigón armado - II Parte*, adoptándose con observaciones el Código ACI 318-05 *Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary*.

La norma NCh430 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio el Comité estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes:

Alfonso Larraín Vial y Asociados  
Ara y Worley Parsons  
Cade Idepe  
Cía. Siderúrgica Huachipato

DICTUC S.A.  
Gerdau Aza

Instituto Chileno del Acero, ICHA  
Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, ICH  
Instituto Nacional de Normalización, INN

Marcial Baeza S. y Asociados Ltda.  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU, DITEC Particular  
Pontificia Universidad Católica de Chile,  
Depto. Ingeniería Estructural y Geotécnica  
Ruiz, Saavedra y Cía. Ltda.

Alfonso Larraín V.  
Iván Darrigrande E.  
Raúl Labbe  
Manuel Campos S.  
Cecil Vega E.  
Carl Lüders Sch.  
José Luis Pitto F.  
Aldo Rivera R.  
Luis González A.  
Augusto Holmberg F.  
Paula Olivares C.  
Fernando Yáñez U.  
Marcial Baeza S.  
Daniel Súnico H.  
Denise Jequier L.  
  
Rafael Riddell C.  
Manuel Saavedra S.

## NCh430

Sandor Ingenieros  
SERVIU Metropolitano  
Universidad de Chile, Depto. Estructuras

Universidad de Chile, Depto. Ingeniería Civil Estructural  
Universidad de Chile, IDIEM  
Universidad Técnica Federico Santa María  
VMB Ingeniería Estructural

Miguel Sandor E.  
Ernesto Herbach A.  
Leonardo Massone  
Rodolfo Saragoni H.  
María O. Moroni Y.  
Víctor Aguila O.  
Patricio Bonelli C.  
Rodrigo Mujica V.

Esta norma anula y reemplaza a la norma NCh429.EOf1957 *Hormigón armado - Parte 1*, declarada Oficial de la República por Decreto N°1238, de fecha 12 de junio de 1957, del Ministerio de Obras Públicas y a la norma NCh430.EOf1961 *Hormigón armado - II Parte*, declarada Oficial de la República por Decreto N°2785, de fecha 24 de noviembre de 1961, del Ministerio de Obras Públicas.

Los comentarios incluidos en cláusula 4 de esta norma, sólo se insertan a título informativo.

El Anexo A forma parte de la norma.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 16 de agosto de 2007.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto Exento N°395, de fecha 24 de abril de 2008, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial del 02 de mayo de 2008.

## **Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo**

### **0 Introducción**

Las normas chilenas oficiales de hormigón armado NCh429.EOf1957 *Hormigón armado - Parte 1* y NCh430.EOf1961 *Hormigón armado - II Parte* están basadas en la norma alemana DIN 1045 *Hormigón y hormigón armado* de los años 50, no siendo utilizadas por su antigüedad. En 1983, después de una consulta pública ampliada, los profesionales de Ingeniería Estructural seleccionaron el código ACI 318 *Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary* de Estados Unidos de Norteamérica como la nueva norma chilena de entre las normas DIN 1045 (Alemania), NZS 3101 (Nueva Zelandia) y el código CEB (Europa).

Después de varios años de uso informal, finalmente en 1993 la norma NCh433.Of1993 *Diseño sísmico de edificios* adopta el ACI 318-89 para el cálculo de estructuras de hormigón armado; posteriormente en 1996 la norma NCh433 adopta el ACI 318-95. De modo que este proceso normativo sanciona en norma separada lo que se exige en NCh433.Of1996, Anexo B, y actualiza la versión ACI 318 de 1995 a la versión 2005.

De acuerdo con la experiencia obtenida luego de varios años de uso de este código, se hace necesario introducir algunos complementos a esta adopción para ajustarlo a las condiciones nacionales de diseño. Estos complementos se generaron a partir de las observaciones al texto mismo del Código ACI 318 recibidas en la consulta pública de 1983 y del satisfactorio comportamiento que tuvieron durante el sismo de marzo de 1985 los edificios de muros de hormigón armado, como se indica en NCh433.Of96 *Diseño sísmico de edificios*, 5.1 Principios e hipótesis básicas. Estas modificaciones constituyen el cuerpo de esta norma, la cual debe ser usada en conjunto con el Código ACI 318-05.

El ACI 318M-05 corresponde a la versión en sistema métrico de unidades y es complementaria del ACI 318-05. El ACI 318S-05 corresponde a la traducción al español del ACI 318M-05.

La norma ISO 19338 *Performance and assessment requirements for design standards on structural concrete*, y su corrigendum 1, reconoce a ACI 318-05 *Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary* como una norma nacional que satisface las exigencias de dicha norma internacional.

## 1 Alcance y campo de aplicación

**1.1** Esta norma establece los requisitos de diseño y cálculo para elementos y estructuras de hormigón armado.

**1.2** Esta norma se aplica para construcciones en todo el territorio nacional.

## 2 Referencias normativas

Los documentos referenciados siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh148	<i>Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.</i>
NCh163	<i>Aridos para morteros y hormigones - Requisitos generales.</i>
NCh170	<i>Hormigón - Requisitos generales.</i>
NCh204	<i>Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado.</i>
NCh433	<i>Diseño sísmico de edificios.</i>
NCh1174	<i>Construcción - Alambre de acero, liso o con entalladuras, de grado AT56-50H, en forma de barras rectas - Condiciones de uso en el hormigón armado.</i>
NCh1498	<i>Hormigón - Agua de amasado - Requisitos.</i>
NCh1537	<i>Diseño estructural de edificios - Cargas permanentes y sobrecargas de uso.</i>
NCh1934	<i>Hormigón preparado en central hormigonera.</i>
NCh2123	<i>Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo.</i>
NCh2182	<i>Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y requisitos.</i>
NCh2369	<i>Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.</i>
AC 133	<i>Acceptance Criteria for Mechanical Connectors for Steel Bar Reinforcement.</i>
ACI 318S	<i>Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario.</i>
ACI 318M	<i>Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary.</i>

## 3 Requisitos

**3.1** Esta norma adopta por referencia el Código ACI 318-05 para el diseño y cálculo de elementos y estructuras de hormigón armado.

**3.2** Esta norma se debe usar en conjunto con el Código ACI 318-05 en cualesquiera de sus versiones (inglés o español).

**3.3** Los elementos y estructuras de hormigón armado se deben diseñar y construir de acuerdo con los requisitos del Código ACI 318-05 con las modificaciones indicadas en cláusula 4. Los numerales de cláusula 4 corresponden a los del Código ACI 318-05.

## 4 Apéndice al Código ACI 318-05

### CODIGO

### COMENTARIO

#### CAPITULO 1 - REQUISITOS GENERALES

##### 1.1 - Alcance

##### 1.1.3 - Agregar el párrafo siguiente:

Las normas chilenas, con las modificaciones indicadas en esta norma, prevalecen sobre las normas correspondientes citadas en el código ACI 318-05.

**R 1.1.3** - 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 apéndice especifique algo diferente.

#### CAPITULO 3 - MATERIALES

##### 3.2 - Cementos

##### 3.2.1 - Agregar la letra siguiente:

- (e) NCh148 *Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.*

##### 3.3 - Agregados

##### 3.3.1 - Agregar las letras siguientes:

- (c) NCh163 *Aridos para morteros y hormigones - Requisitos generales.*  
(d) NCh170 *Hormigón - Requisitos generales.*

##### 3.4 - Agua

Agregar la cláusula siguiente:

**3.4.4** - Los requisitos para el agua de amasado en hormigones es NCh1498 *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 siguientes:

- (d) NCh204 *Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado.*  
(e) NCh1174 *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 40 mm deben cumplir lo indicado en NCh204, y los requisitos de resaltes y tolerancias de masa indicados en Anexo A de esta norma.

**3.6 - Aditivos**

Agregar la cláusula siguiente:

**3.6.10** - Los requisitos para aditivos usados en hormigón es NCh2182 *Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y requisitos.*

**3.8 - Normas citadas**

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

NCh148 *Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.*

NCh163 *Aridos 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 - Relación agua - material cementante**

**4.1.1** - Agregar el párrafo siguiente:

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

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

NCh170 *Hormigón - Requisitos generales.*

## CODIGO

## COMENTARIO

**CAPITULO 5 - CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACION****5.1 - Generalidades****5.1.2 - Agregar el párrafo siguiente:**

Alternativamente se pueden 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 del 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.	

**5.8 - Mezclado****5.8.2 - Agregar el párrafo siguiente:**

La norma chilena correspondiente es NCh1934 *Hormigón preparado en central hormigonera*.

**CAPITULO 7 - DETALLES DEL REFUERZO****7.6 - Límites del espaciamiento del refuerzo****7.6.6 - Agregar la subcláusula siguiente:**

**7.6.6.6 -** 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-compresión).

**R 5.1.2 -** La expresión matemática que relaciona la tensión  $f'_c$  con la resistencia cúbica del hormigón a los 28 días con un 10% de fracción defectuosa ( $R_{28(10\%)}$ ) es (según NCh170.Of1985) la siguiente:

$$f'_c = 0,8 R_{28(10\%)}; \text{ para } R_{28(10\%)} \leq 25 \text{ MPa; y}$$

$$f'_c = R_{28(10\%)} - 5; R_{28(10\%)} \text{ tal que } 25 \text{ MPa} < R_{28(10\%)} \leq 45 \text{ MPa.}$$

**R 7.6.6.6 -** Las barras que forman parte de paquetes quedan muy expuestas a sufrir pandeo una vez que falle el recubrimiento.

## CODIGO

## COMENTARIO

**7.7 - Protección de concreto para el refuerzo**

Reemplazar 7.7.1, 7.7.2 y 7.7.3 por el texto siguiente:

Se consideran las siguientes condiciones ambientales y de vaciado del hormigón:

a) Condiciones ambientales severas:

- (i) Interior de edificios donde la humedad es alta (cocinas industriales, saunas, lavanderías. No se aplica a recintos habitacionales).
- (ii) Zonas donde se produce escurrimiento de agua (jardineras, balcones).
- (iii) Condiciones atmosféricas industriales o marítimas adversas.

b) Condiciones ambientales normales:

Condiciones no incluidas en la categoría de condiciones severas.

**R 7.7** - Los recubrimientos mínimos se exigen por tres razones fundamentales:

- 1) Transferencia de esfuerzos de las barras de refuerzo al hormigón.
- 2) Protección de la armadura contra la corrosión.
- 3) Protección de la armadura contra los efectos del fuego, provocando un efecto retardador.

Considerando estos tres efectos se han definido recubrimientos diferentes a los recubrimientos únicos que exige el código ACI 318.

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.



## CODIGO

## COMENTARIO

**7.7.1- Hormigón vaciado en obra (no pretensado)**

Se debe proporcionar el siguiente recubrimiento libre mínimo de hormigón a la armadura, siempre que no sea inferior al exigido por 7.7.5 y 7.7.7:

	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 $\varnothing 18$ a $\varnothing 56$	40	50
Barras $\varnothing 16$ y diámetros menores	30	40
c) Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo:		
Losas, muros, nervaduras:		
Barras $\varnothing 44$ y $\varnothing 56$	40	40
Barras $\varnothing 16$ a $\varnothing 36$	20	20
Barras $\varnothing 12$ y menores	15	20
Vigas, columnas:		
Armadura principal	30	40
Amarras, estribos, zunchos	20	30
Cáscaras y placas plegadas:		
Barras $\varnothing 18$ y mayores	20	20
Barras $\varnothing 16$ , alambres de 16 mm de diámetro y menores	15	15
d) Elementos de confinamiento en albañilería:		
Armadura principal $\varnothing 10$ y menores	20	30
Amarras, estribos, zunchos $\varnothing 8$ y menores	15	20

**7.7.2 - Hormigón vaciado en obra (pretensado)**

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 7.7.5, 7.7.5.1 y 7.7.7.

		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 muro, losas y nervaduras	25	25
	Otros elementos	40	40
c)	Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo:		
	Losas, muros, nervaduras	20	20
	Vigas, columnas:		
	Armadura principal	30	40
	Amarra, estribos, zunchos	20	25
	Cáscaras y placas plegadas:		
	Barras $\varnothing 16$ , alambres de 16 mm de diámetro y menores	10	10
	Otro tipo de armadura,	$d_b$	$d_b$
	pero no menor que	20	20

## CODIGO

## COMENTARIO

**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 7.7.5, 7.7.5.1 y 7.7.7.

		Recubrimiento libre mínimo mm	
		Condiciones normales	Condiciones severas
a)	Hormigón expuesto al suelo o al aire libre		
	Paneles para muros:		
	Barras $\varnothing 44$ y $\varnothing 56$	40	40
	Barras $\varnothing 36$ y menores	20	20
	Otros elementos:		
	Barras $\varnothing 44$ y $\varnothing 56$	50	50
	Barras $\varnothing 18$ al $\varnothing 36$	30	40
	Barras $\varnothing 16$ , alambres de 16 mm de diámetro y menores	20	30
b)	Hormigón no expuesto a la acción del aire libre ni en contacto con el suelo:		
	Losas, muros, nervaduras:		
	Barras $\varnothing 44$ y $\varnothing 56$ y tendones de pretensado $\varnothing > 40$ mm	30	30
	Tendones de pretensado $\varnothing 40$ y menores	20	20
	Barras $\varnothing 36$ y menores	15	15
	Vigas, columnas:		
	Armadura principal	$d_b$	$d_b$
	pero no menor que	15	15
	y no mayor que	40	40
	Amarras, estribos y zunchos	10	10
	Cáscaras y placas plegadas:		
	Tendones de pretensado	20	20
	Barras $\varnothing 18$ y mayores	15	15
	Barras $\varnothing 16$ , alambres de 16 mm de diámetro y menores	10	10

**CAPITULO 8 - ANALISIS Y DISEÑO - CONSIDERACIONES GENERALES****8.6 - Rigidez****8.6.1 - Agregar el párrafo siguiente:**

Para determinar la distribución de esfuerzos y las deformaciones sísmicas de 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.

**R.8.6.1 - Agregar luego del primer párrafo lo siguiente:**

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

**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 solicitación 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)****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.

**9.5.3 - Elementos reforzados en dos direcciones (no preesforzados)****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.

## CODIGO

## COMENTARIO

**CAPITULO 12 - LONGITUDES DE DESARROLLO Y EMPALMES DEL REFUERZO****12.14 - Empalmes del refuerzo - Generalidades****12.14.3 - Empalmes soldados y mecánicos****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.

**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 esta norma, NCh430, 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; 5360 Workman Mill Road, Whittier, California 90601.

**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.

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

**CAPITULO 21 - DISPOSICIONES ESPECIALES PARA DISEÑO SISMICO****21.2 - Requisitos generales****21.2.1 - Alcance****21.2.1.1 - Agregar el párrafo siguiente:**

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

**R 21.2.1.1** - 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.

**CODIGO**

**COMENTARIO**

**21.2.1.2 - 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.

**R 21.2.1.2** - 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.

**21.2.1.4 - Agregar los párrafos siguientes:**

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 según 21.12.

Sin embargo, los marcos de edificios estructurados exclusivamente con marcos se deben tratar como marcos especiales de acuerdo a las disposiciones de 21.3 de ACI 318.

**R 21.2.1.4** - En edificios de hormigón armado que tengan muros en las dos direcciones principales de análisis, se espera que la demanda de desplazamientos sea mucho menor que en una estructura que no tenga muros. Los muros en los sistemas mixtos, además de disminuir las demandas 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 18 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, 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 21.12.

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 ya otorgan cierta ductilidad.

## CODIGO

## COMENTARIO

**21.2.5 - Refuerzo en elementos que resisten fuerzas inducidas por sismo**

Reemplazar la subcláusula por lo siguiente:

El refuerzo que resiste fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos de pórtico y en elementos de borde de muros deben cumplir con las disposiciones de NCh204, grados A 630-420H o ASTM A 706 M. Se permite el uso de aceros grados A 440-280 H y A 560-350 H 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 AT56-50 H 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 420 MPa.

**21.2.6 - Empalmes soldados**

**21.2.6.1** - 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 compresión, 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.

**21.2.7 - Empalmes soldados****21.3 - Elementos sometidos a flexión en pórticos especiales resistentes a momento**

**R 21.2.5** - 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 aceros 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 21.2.6.1** - 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.

**R.21.2.7.1** - Agregar el párrafo siguiente:

Los aceros referidos en NCh204 no son de soldabilidad garantizada.

## 21.4 - Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento

### 21.4.2 - Resistencia mínima a flexión de columnas

#### 21.4.2.2 - Agregar el párrafo siguiente:

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.

**R 21.4.2.2** - La existencia de una rótula en el extremo superior de una columna en el último piso no constituye riesgo de formación de piso blando, es indiferente que la rótula se forme en la columna o en la viga del cielo del último piso.

## 21.7 - Muros estructurales especiales de concreto reforzado y vigas de acople

### 21.7.2 - Refuerzo

#### 21.7.2.2 - Reemplazar el texto por el siguiente:

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

**R 21.7.2.2** - Existe consenso en que aún cuando se pueda usar solamente una malla central desde el punto de vista de la resistencia, el usar 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.

### 21.7.6 - Elementos de borde para muros estructurales especiales de concreto reforzado

#### 21.7.6.2 - Agregar en letra (a) el párrafo siguiente:

En la ecuación (21-8) se puede utilizar como  $\delta_u$  el desplazamiento correspondiente que se obtiene con el espectro elástico de NCh433 sin aplicar factores de reducción de la respuesta, amplificado por 1,3.

**R 21.7.6.2** - El desplazamiento lateral máximo en el techo de un edificio se puede estimar a partir de espectros de desplazamientos, pero es necesario corregir el valor calculado para el período fundamental. En un sistema de varios grados de libertad los modos superiores contribuyen al desplazamiento lateral según el factor de participación correspondiente. En general, se puede considerar que el factor de participación del primer modo en un edificio de muros es del orden del 85%. Además es necesario considerar que la respuesta ante un terremoto severo se dará dentro del régimen no lineal. De varios análisis hechos a edificios de hormigón armado se podría adoptar como valor estadístico el factor 1,3.



CODIGO	COMENTARIO
<b>21.7.7 - Vigas de acople</b>	<b>R 21.7.7</b> - Agregar luego del segundo párrafo lo siguiente:
<p><b>21.7.7.2</b> - Agregar el párrafo siguiente:</p> <p>Las vigas de acoplamiento con una relación de aspecto <math>(I_n / h) &lt; 4</math> se pueden armar en flexión para un 50% del esfuerzo resultante del análisis de la estructura considerada como monolítica, siempre que se considere la reducción de resistencia de la viga de acoplamiento en el diseño de los demás elementos resistentes de la estructura.</p>	<p>La reducción del 50% facilita armar las vigas de acoplamiento chatas <math>(I_n / h) &lt; 4</math> de modo que cumplan con los criterios de diseño por capacidad, evitar así su falla por corte y mejorar significativamente el comportamiento y la seguridad sísmica de la estructura.</p>

## Anexo A

(Normativo)

### A. Requisitos de resaltes y tolerancias de masa para aceros de diámetro mayor que 40 mm

#### A.1 Requisitos de forma, dimensiones y masa

Los diámetros nominales, los valores de sección nominal, perímetro nominal y masas por unidad de longitud nominales para diámetro mayor que 40 mm se deben calcular según lo siguiente:

- a) Diámetro nominal,  $d_n$  (mm)  $= 12,73 m_n$
- b) Sección nominal,  $s_n$  (mm<sup>2</sup>)  $= 0,785 \times d_n^2$  ( $d_n$  en mm)
- c) Perímetro nominal,  $P_n$  (mm)  $= 3,1416 \times d_n$  ( $d_n$  en mm)
- d) Masa nominal,  $m_n$  (kg/m)  $= 0,0785 s_n$  ( $s_n$  en mm<sup>2</sup>)

#### A.2 Requisitos de los resaltes

**A.2.1** El espaciamiento de los resaltes debe ser uniforme a lo largo de la barra y su valor medio debe ser menor o igual que 0,7 veces el diámetro nominal.

**A.2.2** El largo de los resaltes medido en su proyección sobre un plano perpendicular al eje longitudinal de la barra será tal que, la longitud de la zona sin resalte que queda entre los extremos de los resaltes ubicados a cada lado de la barra no exceda 0,125 veces el perímetro nominal.

**A.2.3** La zona sin resaltes indicada en A.2.2 puede ser parcial o totalmente ocupada por nervios longitudinales.

**A.2.4** La altura media de los resaltes debe ser mayor o igual que 0,05 veces el diámetro nominal.

**A.2.5** La altura media de los resaltes se determina midiendo un número de resaltes igual o mayor a dos. El procedimiento de determinación de la altura media de los resaltes se debe efectuar de acuerdo a lo indicado en NCh204, Anexo A, A.1.3.

**A.2.6** El ancho de la base en el punto medio de un resalte debe ser menor o igual que 0,25 veces el diámetro nominal de la barra. El procedimiento de determinación del ancho de la base de los resaltes se debe efectuar de acuerdo a lo indicado en NCh204, Anexo A, A.1.4.

### **A.3 Tolerancias**

**A.3.1** Las tolerancias de diámetro para barras lisas es de  $\pm 1,50$  mm.

**A.3.2** El área de cualquiera sección transversal de las barras debe ser mayor o igual al 90% de la sección nominal.

**A.3.3** Para lotes la tolerancia de masa para barras lisas y con resaltes (rectas) es de  $\pm 3,5\%$ .

**A.3.4** Para barras individuales con resaltes la tolerancia de masa es de  $\pm 6\%$ .

### **A.4 Alargamiento admisible**

El coeficiente  $K$  para determinar el alargamiento porcentual de ruptura admisible debe ser igual que 6.



## **Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo**

***Reinforced concrete - Design and calculation requirements***

Primera edición : 2008

***Descriptores:*** *estructuras, hormigón armado, cálculos matemáticos, cálculo estructural, cálculos de diseño, requisitos*

---

CIN 91.080.40

---