

# NORMA CHILENA

# NCh3332

Primera edición  
2013.10.25

---

## **Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural**

*Structural design - Retrofitting of historic earth buildings -  
Requirements for the structural design planning*



Número de referencia  
NCh3332:2013

© INN 2013



## DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2013

### Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN  
Matías Cousiño 64, piso 6 • Santiago de Chile  
Tel. + 56 2 445 88 00  
Fax + 56 2 441 04 29  
Correo Electrónico [info@inn.cl](mailto:info@inn.cl)  
Sitio Web [www.inn.cl](http://www.inn.cl)  
Publicado en Chile



## DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2013

### Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN  
Matías Cousiño 64, piso 6 • Santiago de Chile  
Tel. + 56 2 445 88 00  
Fax + 56 2 441 04 29  
Correo Electrónico [info@inn.cl](mailto:info@inn.cl)  
Sitio Web [www.inn.cl](http://www.inn.cl)  
Publicado en Chile

## **Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural**

### **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 *Construcción Patrimonial*, para establecer los requisitos mínimos que debe cumplir un proyecto estructural para la intervención, renovación, recuperación, reforzamiento, restauración, rehabilitación o consolidación estructural de las construcciones de tierra con valor patrimonial.

Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de esta norma se han tomado en consideración las normas indicadas en cláusula 2 Referencias normativas y antecedentes técnicos proporcionados por la Comisión de Construcción Patrimonial.

Los Anexos A y B forman parte de la norma.

Los Anexos C y D no forman parte de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 25 de octubre de 2013.

## **Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural**

### **0 Introducción**

**0.1** En la elaboración de esta norma se tuvo en consideración tanto la experiencia chilena como la práctica internacional.

**0.2** Los criterios y las disposiciones propuestos para regular las intervenciones en estas construcciones tienen como propósito:

- a) Estandarizar los métodos de evaluación de los daños y deterioros en la estructura resistente de las construcciones.
- b) Orientar las intervenciones de las construcciones de tierra con valor patrimonial anteriores a las normas y ordenanzas vigentes.
- c) Mejorar las condiciones de seguridad estructural de las construcciones de tierra cruda con valor patrimonial.

### **1 Alcance y campo de aplicación**

**1.1** Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir un proyecto estructural para la intervención, renovación, recuperación, reforzamiento, restauración, rehabilitación o consolidación estructural de las construcciones de tierra con valor patrimonial. Las construcciones consideradas en esta norma son aquellas cuya estructura principal está basada en:

- a) albañilería de adobe;
- b) tapial;
- c) quincha; y
- d) mampostería de piedra asentada en barro.

**1.2** Esta norma considera como elementos y sistemas estructurales en las construcciones de tierra cruda existentes a intervenir, los siguientes:

- a) fundaciones;
- b) muros y contrafuertes;
- c) tabiques de adobillo;
- d) sistema de techumbre;
- e) entrepiso;
- f) conexiones y otros elementos, los que se deben identificar en el proyecto.

## 2 Referencias normativas

Los documentos 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).

NCh173:2008	<i>Madera - Terminología general.</i>
NCh176/1:2003	<i>Madera - Parte 1: Determinación del contenido de humedad.</i>
NCh431:2010	<i>Diseño estructural - Cargas de nieve.</i>
NCh432:2010	<i>Diseño estructural - Cargas de viento.</i>
NCh1198:2006	<i>Madera - Construcciones en madera - Cálculo.</i>
NCh1508 <sup>1)</sup>	<i>Geotecnia - Estudio de mecánica de suelos.</i>
NCh1537:2009	<i>Diseño estructural - Cargas permanentes y cargas de uso.</i>
NCh3171:2010	<i>Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas.</i>

## 3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma se aplican los términos y definiciones siguientes:

### 3.1

#### **albañilería de adobe**

estructura ejecutada con bloques fabricados con tierra cruda (barro), paja y, opcionalmente, aditivos destinados a mejorar su calidad y capacidad mecánica, secados al aire, los que se deben colocar según un determinado aparejo, unidos mediante un mortero de barro

### 3.2

#### **ampliación**

obras que se realizan para aumentar el tamaño de una edificación

### 3.3

#### **compatibilidad**

condición que asegura la afinidad entre los refuerzos, la intervención y el material original, que evita el daño entre ellos durante la ocurrencia de sismos u otras sollicitaciones, aun en estado fisurado del material

### 3.4

#### **conservación**

conjunto de procesos necesarios para la mantención de la importancia arquitectónica, arqueológica, histórica, artística, científica, paisajística, biológica y social del patrimonio cultural, los cuales incluyen acciones de preservación, restauración y reconstrucción

### 3.5

#### **consolidación estructural**

proceso destinado a restituir las condiciones de estabilidad estáticas y dinámicas de un inmueble que presente daño en sus elementos estructurales

### 3.6

#### **esbeltez**

razón entre altura y espesor de muro

### 3.7

#### **identificabilidad**

proceso mediante el cual se identifica la intervención realizada con la finalidad de permitir un análisis futuro

---

1) Actualmente en estudio.

**3.8**

**informe de diagnóstico**

documento que describe el estado general de la construcción y su condición estructural previa a la intervención

**3.9**

**intervención**

proceso que implica la ejecución de obras de construcción en las edificaciones existentes

**3.10**

**levantamiento de la estructura**

documento que contiene la descripción específica de su condición estructural previa a la intervención

**3.11**

**mantención**

serie de operaciones destinadas a conservar la calidad de los materiales y elementos de la estructura, las terminaciones y las instalaciones de una construcción, evitando su deterioro

**3.12**

**mejoramiento**

acción que tiene como objetivo aumentar la calidad de un inmueble o sitio existente

**3.13**

**mínima intervención**

intervención mínima que garantice la autenticidad y satisfaga los objetivos de la preservación patrimonial

**3.14**

**módulo de elasticidad**

razón entre la tensión en una sección y la deformación unitaria normal a ella

**3.15**

**plan de mantenimiento**

conjunto de actividades organizadas con la finalidad de planificar y ejecutar la mantención, de manera que se resguarden los criterios adoptados en las bases de cálculo

**3.16**

**preservación**

proceso de mantener el estado original de un inmueble protegiéndolo de daños futuros mediante mínimas intervenciones

**3.17**

**proyectista**

profesional competente, responsable del proyecto estructural de la intervención

**3.18**

**quincha**

estructura mixta compuesta de una armazón de madera o bambú, rellena con una mezcla de barro en estado plástico y fibras; proyectado manual o mecánicamente

**3.19**

**rehabilitación**

proceso destinado a la modificación de un inmueble destinado a recuperarlo sin desvirtuar sus características originales

**3.20**

**reparación**

acción que tiene como finalidad subsanar el deterioro de una construcción

**3.21 reposición**

restablecimiento parcial o total de un elemento estructural existente

**3.22**

**resistencia a la compresión de la albañilería**

cociente entre la fuerza axial resistida y el área transversal de una pila de adobe de esbeltez cercana a 4

**3.23**

**resistencia a la compresión de la unidad**

cociente entre la fuerza axial resistida y el área de la sección donde ésta se aplica

**3.24**

**resistencia al corte de la albañilería**

cociente entre dos veces la fuerza aplicada sobre la diagonal de un murete cuadrado de albañilería de adobe, y  $\pi$  veces el área transversal diagonal del murete mismo

**3.25**

**restauración**

proceso de devolver un inmueble a su estado original o a alguna etapa previa de su existencia mediante la consolidación, la exclusión de los elementos no pertenecientes a su identidad o la incorporación de nuevos materiales o elementos, siempre y cuando éstos no la alteren

**3.26**

**reversibilidad**

posibilidad de retirar el refuerzo o eliminar la modificación realizada dentro del proceso de intervención, para permitir el uso de futuras soluciones

**3.27**

**seguridad**

garantía de estabilidad sin colapso de las estructuras, que se puede asociar a la seguridad de vida de los ocupantes del patrimonio edificado

**3.28**

**tapial**

bloque monolítico hecho *in situ* con tierra apisonada por capas dentro de un moldaje de contención lateral

**3.29**

**valor patrimonial:**

valor histórico intrínseco contenido en una construcción

## 4 Simbología

Los símbolos indicados en esta norma tienen el significado que se indica a continuación:

$E$  = módulo de elasticidad, expresado en megapascales (MPa);

$f'_0$  = resistencia última a la compresión de la unidad de adobe, expresada en megapascales (MPa);

$f_0$  = resistencia admisible a la compresión de la unidad de adobe, expresada en megapascales (MPa);

$f'_m$  = resistencia última a la compresión de pilas de albañilería de adobe, expresada en megapascales (MPa);

- $f_m$  = resistencia admisible a la compresión de pilas de albañilería de adobe, expresada en megapascales (MPa);
- $f_b$  = resistencia admisible a la compresión por aplastamiento de la albañilería de adobe, expresada en megapascales (MPa);
- $v_m$  = resistencia al corte de la albañilería de adobe, expresada en megapascales (MPa);

## 5 Consideraciones de la intervención

La intervención debe tener en cuenta, a lo menos, los criterios enumerados en esta cláusula.

Las intervenciones en una construcción patrimonial de tierra se deben realizar de manera que se cumplan todos los requisitos necesarios para garantizar su seguridad estructural, la integridad del valor patrimonial y la seguridad de sus ocupantes.

Los proyectos regulados por esta norma deben estar orientados a lograr estructuras que:

- a) resistan con daños menores los movimientos sísmicos de intensidad leve;
- b) limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad; y
- c) aunque presenten daños, eviten el colapso global de la estructura durante sismos de intensidad severa.

Además, se debe considerar una planificación del mantenimiento de la construcción intervenida a fin de garantizar la permanencia en el tiempo de las hipótesis de cálculo consideradas.

### 5.1 Criterios estructurales

- a) criterios basados en mantener, restituir o aumentar la capacidad estructural, cuyo objetivo es resistir las fuerzas de diseño estático y sísmico;
- b) criterios basados en el desempeño estructural durante los sismos, cuyo objetivo es controlar los desplazamientos de la estructura agrietada por ellos, evitando el colapso de los elementos, en base a refuerzos de mínima intervención, compatibles y reversibles; y
- c) criterios mixtos, donde se complementan los dos criterios anteriores.

### 5.2 Criterios patrimoniales

- a) **evaluación caso a caso:** las construcciones de valor patrimonial tienen en su materialidad y sistema constructivo, información relevante sobre la sociedad que lo construyó, que constituye un valor que se debe preservar y evaluar caso a caso;
- b) **compatibilidad de materiales:** las intervenciones deben proponer sistemas constructivos materialmente compatibles con la construcción original; y
- c) **reversibilidad:** las intervenciones deben cumplir con los principios de reversibilidad y ser reemplazables con un daño mínimo en los elementos originales, para permitir la aplicación de nuevas técnicas en intervenciones futuras.

## 6 Levantamiento de la estructura de la construcción patrimonial

El catastro de la estructura contiene las descripciones específicas de la construcción en su condición estructural previa a la intervención. Esta descripción debe incluir, a lo menos:

- a) levantamiento crítico: levantamiento del estado de la construcción y de su entorno con el objetivo de identificar daños, que permitan determinar la causa de las lesiones con el fin de establecer la estrategia de intervención y las medidas de prevención por medio de un análisis inverso;
- b) levantamiento geométrico: este levantamiento debe reflejar en detalle el estado de situación de la construcción. Los datos obtenidos se deben representar en planos a escala adecuada mediante plantas, elevaciones, cortes y detalles;
- c) levantamiento de materiales existentes: este levantamiento debe contener la identificación y caracterización de los materiales relevantes de la estructura del inmueble;
- d) levantamiento de daños y agentes de deterioro: este levantamiento debe contener una exhaustiva descripción de los principales daños y patologías de construcción, el estado de conservación de la estructura y sus materiales constituyentes;
- e) pruebas de campo o laboratorio que permitan determinar las características químicas y mecánicas de los materiales para realizar el análisis como se especifica en cláusula 8 a) y b). En caso de existir un impedimento para realizar las pruebas de campo o laboratorio para determinar las características mecánicas de los materiales, se pueden considerar los valores indicados en cláusula 9; y
- f) todas o algunas de las pruebas de laboratorio descritas en Anexo C, según se considere necesario.

## 7 Diagnóstico del estado de conservación de la construcción patrimonial

Con el fin de determinar el estado general de la construcción y su condición estructural previa a la intervención, se debe realizar un diagnóstico, cuyo resultado debe quedar plasmado en un Informe de Diagnóstico. Este informe debe contener, al menos, lo siguiente:

- a) historial constructivo: se debe estudiar los registros históricos y/o arqueológicos que permitan comprender los diversos cambios y transformaciones de la construcción desde su origen, estableciendo de manera certera el grado de intervención, sus etapas y características;
- b) la información histórica relacionada con el inmueble, como su data de construcción, modificaciones realizadas y evolución en el tiempo, materiales, destinos de uso, cambios de uso, otros, que permitan una profunda comprensión de la construcción;
- c) un levantamiento crítico de la construcción patrimonial, según cláusula 6;
- d) origen y causa de los daños observados; y
- e) la condición estructural de la construcción antes de la intervención, sus riesgos de estabilidad y durabilidad.

Con esta información se debe determinar las líneas de acción de cada proyecto, entre ellas la necesidad de realizar un análisis estructural de la construcción, de acuerdo a las características patrimoniales del inmueble y su condición estructural.

## 8 Análisis de la estructura en su condición actual

### 8.1 Análisis

El análisis del estado actual de la construcción debe incluir, a lo menos, lo siguiente:

- a) análisis estructural: este análisis debe incluir una modelación de la estructura con la finalidad de evaluar su comportamiento y cuantificar los esfuerzos a los cuales están sometidas las secciones de los elementos que conforman la construcción. El análisis puede estar basado en un método elástico en el caso en que la estructura sea estable en su conjunto y no presente grietas y desacoples severos entre sus elementos estructurantes o un método cinemático en el caso en que existan estos desacoples;
- b) verificación de diseño: se debe llevar a cabo una verificación del diseño de los elementos estructurales, considerando los resultados de 6.1; y
- c) verificación de la geometría: se debe llevar a cabo una verificación de las relaciones geométricas de los muros, entre las cuales se deben considerar, a lo menos, las siguientes:
  - 1) la esbeltez de los muros **no debe ser mayor que 8;**
  - 2) los vanos **no deben tener un ancho mayor que 2,5 veces el espesor** del muro;
  - 3) los vanos de ventanas y puertas se deben ubicar a una distancia **no menor que tres veces el espesor** del muro desde el borde libre más próximo;
  - 4) la longitud entre ejes de arriostamientos transversales de un muro, debe **ser menor a seis veces el espesor del muro;**
  - 5) la verticalidad relativa de un muro **no debe ser mayor que el 10% de su altura;** en caso contrario se debe considerar el uso de elementos de refuerzos adicionales (ver Anexo B). El espesor mínimo de muros está determinado implícitamente por la esbeltez máxima.

### 8.2 Determinación de esfuerzos

#### 8.2.1 Esfuerzo de corte basal

Para la determinación del esfuerzo de corte basal se debe emplear un método estático.

El esfuerzo de corte  $Q_0$  se debe calcular mediante la expresión siguiente:

$$Q_0 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot C \cdot P$$

en que:

$C$  = coeficiente de demanda sísmica;

$P$  = peso sísmico del elemento a verificar;

$k_1$  = factor de modificación por desempeño previo;

$k_2$  = factor de modificación por categoría de ocupación;

$k_3$  = factor de modificación por clasificación del tipo de suelo (ver Tabla 3).

Para el cálculo del peso sísmico  $P$  se deben considerar las cargas permanentes más un porcentaje de la carga de uso, que no puede ser menor que 25%, en construcciones destinadas a la habitación privada o al uso público donde no es usual la aglomeración de personas, ni a un 50% en construcciones en que es usual esa aglomeración.

El coeficiente de demanda sísmica  $C$  corresponde a la demanda base de diseño para las estructuras de tierra cruda. Se debe considerar  $C = 0,1$ .

El valor de los factores de modificación  $k_1, k_2$  es el indicado en Tabla 1.

Tabla 1 - Factores de modificación del coeficiente de demanda

Factor	Condición de la estructura	Valor
$k_1$	Daño estructural importante durante sismos anteriores	1,2
	Buen desempeño estructural durante sismos anteriores	1,0
$k_2$	Categoría de ocupación I	1,0
	Categoría de ocupación II	1,2

La determinación del valor del factor de modificación por desempeño previo  $k_3$  se debe basar en el historial constructivo disponible y en la información recopilada en el levantamiento crítico.

La clasificación de los tipos de ocupación se consigna en 8.2.3.

### 8.2.2 Clasificación de suelos

La categoría del suelo se debe determinar mediante la velocidad de propagación de onda de corte en los 30 m superiores del terreno  $V_{s30}$  definida como:

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s-i}}}$$

en que:

$V_{s-i}$  = velocidad de ondas de corte del estrato  $i$ , expresada en metros por segundo (m/s);

$h_i$  = espesor del estrato  $i$ , expresado en metros (m); y

$n$  = número de estratos en los 30 m superiores del terreno.

La velocidad de propagación de las ondas de corte puede ser medida por ensayos down-hole, cross-hole o sonda de suspensión a partir de mediciones de ondas superficiales (Rayleigh), por métodos como SASW, MASW o ReMi. En estos casos se deben informar las curvas de dispersión y los resultados del perfil de velocidades en profundidad para dos mediciones preferentemente ortogonales. Adicionalmente, cuando se utilice el método ReMi se debe incluir una medición con una fuente activa de conocida ubicación. El perfil de velocidades de ondas de corte que caracteriza el terreno corresponderá a aquel que resulte en el caso más desfavorable. No se permite estimar  $V_s$  a partir de ondas  $V_p$ .

en que:

- SAWS = Análisis Espectral de Ondas Superficiales (Spectral Analysis of Surface Waves).
- MASW = Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (Multichan Analysis of Surface Waves).
- ReMi = Refracción de Ruido Ambiental (Refraction Microtremor).
- $V_s$  = Velocidad de propagación de ondas de corte.
- $V_p$  = Velocidad de propagación de ondas de compresión.

La clasificación de los suelos de acuerdo a estos parámetros se consigna en Tabla 2.

Para determinar esta clasificación no es necesario realizar en ninguno de los casos exploraciones profundas del suelo como sondajes u otras.

**Tabla 2 - Clasificación sísmica del terreno de fundación**

Suelo tipo		$V_{s,30}$ m/s
A	Roca, suelo cementado	$\geq 900$
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	$\geq 500$
C	Suelo denso o firme	$\geq 350$
D	Suelo medianamente denso, o firme	$\geq 180$
E	Suelo de compactidad, o consistencia mediana	$< 180$
F	Suelos especiales	-

Para suelos que a mayor profundidad cuenten con una velocidad de corte decreciente, se debe clasificar el tipo de suelo considerando el rango inmediatamente inferior de la velocidad de onda de corte determinada.

El tipo de suelo F incluye los suelos con alguna de las características siguientes: suelos potencialmente licuables, suelos susceptibles de densificación por vibración, suelos ubicados en terrenos de topografía irregular, suelos colapsables, entre otras características, las que se deben determinar mediante un estudio de mecánica de suelos.

Los valores del factor de modificación  $k_3$  para los distintos tipos de suelo son los indicados en Tabla 3, de acuerdo a la clasificación señalada en Tabla 2.

**Tabla 3 - Valor del coeficiente  $k_3$**

Tipo de suelo	Valor $k_3$
E y F	1,3
D	1,2
B y C	1,0
A	0,8

### 8.2.3 Categoría de ocupación

Los edificios patrimoniales se clasifican según su importancia, uso y riesgo de falla, de acuerdo a lo indicado en Tabla 4.

Tabla 4 - Categoría de ocupación de edificios y otras estructuras

Naturaleza de la ocupación	Categoría de ocupación
Edificios y estructuras destinados a la habitación privada o al uso público que no pertenecen a la categoría de ocupación II. Edificios y otras estructuras aisladas que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla.	I
Edificios y otras estructuras cuyo contenido es de gran valor tales como: - bibliotecas; - museos. Edificios y otras estructuras donde existe frecuente aglomeración de personas tales como: - salas destinadas a asambleas para 100 o más personas; - escuelas, parvularios y recintos universitarios; - cárceles y lugares de detención. Edificios y otras estructuras clasificadas como edificios gubernamentales, municipales, de servicios públicos o de utilidad pública.	II

## 9 Propiedades mecánicas de los materiales

La determinación de las propiedades mecánicas de los materiales se debe realizar mediante ensayos específicos de laboratorio, ejecutados sobre muestras representativas tomadas *in situ*.

Si no existen pruebas específicas de laboratorio efectuadas según lo establecido en cláusula 6, se debe considerar que los materiales usados tienen las propiedades siguientes:

$$E = 200 \text{ MPa};$$

$$f'_0 = 1,2 \text{ MPa};$$

$$f'_m = 0,6 \text{ MPa};$$

$$f_b = 1,25 f'_m;$$

$$v_m = 0,025 \text{ MPa}.$$

## 10 Intervención estructural de la construcción

Se considera intervención estructural a la modificación de la construcción destinada a reparar y/o reforzar las estructuras principales y secundarias de ella. Esta intervención debe cumplir con las condiciones mínimas que aseguren un buen comportamiento estático y sísmico, de acuerdo a lo establecido en cláusula 8 mediante la utilización de materiales compatibles con la estructura existente.

El diseño de las reparaciones y refuerzos se debe realizar garantizando que se mejore o se restituya el monolitismo de la estructura, además de restringir los desplazamientos de ésta.

### 10.1 Bases de diseño y cálculo

Corresponden a la información previamente recopilada sobre el destino, cargas de uso, materiales de construcción y otras condiciones especiales de la edificación, de manera que el proyecto sea concebido con el nivel de seguridad estructural establecido y considerando las características patrimoniales de la construcción.

Las bases de diseño deben contener, a lo menos, la información siguiente:

- a) descripción de la estructura: incluyendo una breve identificación y caracterización de la tipología constructiva de la edificación existente, detallando sus singularidades;
- b) descripción de materiales: identificación y caracterización de los materiales existentes y propuestos en la intervención, de acuerdo a las prospecciones realizadas en la construcción y a la información disponible;
- c) normas y documentos de referencia: listado de las normas, guías de diseño y otros documentos usados en el análisis, diseño y especificaciones para la intervención;
- d) solicitudes: identificación, descripción y cuantificación de los pesos, cargas de uso y cargas especiales que debe resistir la construcción patrimonial;
- e) combinaciones de carga: descripción de las combinaciones de cargas incluidas en las solicitudes consignadas en ítem c) de acuerdo a las normas aplicables al diseño;
- f) antecedentes del análisis sísmico: descripción de los parámetros del diseño sísmico, los cuales deben contener, al menos, la zona sísmica, el coeficiente de importancia de la edificación y el factor de modificación de respuesta, según la normativa vigente; y
- g) parámetros del suelo de fundación: descripción de los parámetros básicos del suelo.

### 10.2 Reparación

La reparación estructural es la restitución de la capacidad resistente y rigidez original de la estructura dañada, mediante un conjunto de operaciones destinadas a estabilizar estructuralmente la construcción, estas operaciones deben incluir lo siguiente, considerando los daños diagnosticados:

- a) reparación de grietas: tratamiento de las grietas de manera de restituir la continuidad estructural de un muro para asegurar un comportamiento apropiado en el tiempo, mediante materiales compatibles;
- b) trabado de esquinas y encuentros de muros destinado a restablecer el monolitismo en uniones verticales que hayan perdido su vinculación estructural;
- c) si la desviación de verticalidad del muro, es mayor que el 10% y menor que el 25% de su altura se debe restituir su verticalidad. Para desviaciones de verticalidad mayor que 25% de la altura, se debe realizar una estabilización del muro. En todos los casos se debe cuidar el monolitismo estructural al recuperar la verticalidad;
- d) el coronamiento de los muros debe proveer una rigidez horizontal adecuada a la construcción mediante un sistema de amarre. Este sistema se debe conectar a los muros de manera que se asegure el trabajo conjunto de ellos y la transmisión de las cargas de cubierta;
- e) se debe reparar la estructura soportante de los tabiques de madera cuyos rellenos estén ejecutados con adobe, impidiendo el vaciamiento de los rellenos;
- f) las fundaciones se deben reparar de manera que se restablezca su integridad y función original en la transmisión de esfuerzos de la estructura al suelo;
- g) se debe reparar los dinteles que hayan perdido su continuidad estructural, mediante técnicas y materiales adecuados que restituyan esta continuidad;

- h) se debe reconstituir las características estructurales y geométricas de los muros dañados por erosión cuando este daño afecte de manera importante la capacidad global de la estructura;
- i) se debe asegurar una adecuada terminación de los paramentos verticales evitando materiales y/o sistemas que impidan la eliminación de la humedad del muro;
- j) otros que debe definir el proyectista.

### 10.3 Refuerzo

El refuerzo estructural es un elemento destinado a incrementar la capacidad estructural de una construcción, mediante la modificación de algunas de sus características.

Los tipos de refuerzo admisibles son:

- a) continuos: sistemas destinados a mejorar el comportamiento de la estructura en su conjunto, incrementando la ductilidad y/o resistencia del sistema estructural;
- b) locales: sistemas o elementos puntuales que mejoran el comportamiento en zonas específicas de la estructura de una construcción;
- c) otros: debidamente especificados y justificados por el proyectista;
- d) refuerzos de conexiones: corresponden a elementos que se pueden colocar en forma puntual o masiva y tienen la finalidad de colaborar a la correcta transmisión de los esfuerzos entre los elementos componentes de la estructura del inmueble;
- e) refuerzos que incluyan restitución o inclusión de nuevos elementos estructurales: corresponde al sistema que, mediante la reparación o incorporación de nuevos elementos estructurales como muros, contrafuertes, tabiques u otros, están destinados a minimizar las deformaciones de la estructura del inmueble;
- f) refuerzos de fundaciones: corresponde a los trabajos de intervención en la fundación de un inmueble, ya sean ellos locales o generalizados para asegurar la transmisión de las fuerzas al terreno; y
- g) diseñar una nueva estructura, en los casos en que la estructura de techumbre no exista o no sea posible la reposición a partir de los elementos existentes;
- h) diseñar una nueva estructura o reforzar la existente, para restituir la capacidad de transmitir las cargas verticales a los muros, en los casos en que ella no cumpla con los requisitos estructurales; o
- i) diseñar una viga horizontal o solera superior para garantizar el trabajo conjunto y flexible de los muros de soporte. El anclaje de esta solera debe ser capaz de transmitir los esfuerzos de corte originados por la estructura de techumbre hacia los muros e incrementar la estabilidad de éstos impidiendo su volcamiento.

### 11 Mantenimiento de la construcción

Con la finalidad de asegurar las hipótesis de cálculo y las características patrimoniales del inmueble, el proyecto de intervención debe establecer un plan de mantenimiento el que debe contener a lo menos:

- a) actividades preventivas: definición de las revisiones y acciones que se deben realizar periódicamente para asegurar el estado de conservación de la estructura del inmueble antes que ésta presente algún daño;

- b) actividades correctivas a realizar: definición de revisiones y acciones que se deben realizar periódicamente para asegurar el estado de conservación de la estructura del inmueble, luego que ésta presente algún daño leve;
- c) periodicidad de las actividades: definición de la frecuencia con que se deben realizar las acciones solicitadas; y
- d) otros que defina el proyectista.

## **Anexo A** **(normativo)**

### **Materiales de refuerzos**

Se consideran soluciones estructuralmente incompatibles a aquellas cuya rigidez tenga más de 10 veces la de la estructura base.

Algunos materiales estructuralmente compatibles con las estructuras de las construcciones patrimoniales de tierra cruda son:

- Geomalla de polipropileno.
- Mallas de acero electrosoldadas.
- Madera.
- Albañilería de adobe.
- Caña.

## **Anexo B (normativo)**

### **Sistemas de refuerzos**

Los sistemas de refuerzo son aquellos que colaboran en restituir las características portantes de la estructura de construcción patrimonial de tierra cruda.

Algunos de los sistemas de refuerzos compatibles con las estructuras de las construcciones patrimoniales de tierra cruda son:

- Muros de adobe.
- Contrafuertes de adobe.
- Conectores de acero para maderas.
- Estructuras de madera.
- Tensores de acero o sintéticos en estructuras de madera.
- Cables, bandas de acero o material sintético en estructuras de madera.
- Mallas poliméricas elaboradas.
- Mallas de acero electrosoldadas.

## **Anexo C** (informativo)

### **Pruebas de laboratorio**

Las pruebas de laboratorio recomendadas para determinar las propiedades de los materiales son las siguientes:

#### **C.1 Propiedades físicas:**

- determinación de la granulometría;
- determinación del peso específico, de la densidad y del contenido de agua; y
- determinación del Límite de Atterberg (índice de plasticidad).

#### **C.2 Propiedades químicas:**

- análisis de los componentes minerales;
- análisis de los minerales arcillosos; y
- contenido de carbonatos.

#### **C.3 Propiedades mecánicas:**

- prueba de compresión no confinada;
- pruebas de compactación;
- prueba edométrica;
- prueba de corte directo; y
- prueba de hinchamiento.

Todas las pruebas de laboratorio mencionadas en cláusulas C.1, C.2 y C.3 se deben realizar de acuerdo a las normas referenciadas en cláusula 2.

## Anexo D (informativo)

### Bibliografía

#### Normas Técnicas

- [1] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). *Adobe: reglamento nacional de construcciones: norma técnica de edificación NTE E. 080*.
- [2] NZS 4297 1998 *Engineering Design of Earth Buildings*. Nueva Zelanda, 1998.

#### Cartas del Restauero

- [3] *Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments* (Carta de Atenas). Adoptada en el First International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Atenas, 1931.
- [4] Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS). *International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites* (Carta de Venecia), Venecia, 1964.
- [5] *Normas de Quito. Informe Final de la reunión sobre Conservación y Utilización de Monumentos y Lugares de Interés Histórico y Artístico*. Quito, 1967.

#### Libros

- [6] CALVI, M. y CECCHI, R. *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per la costruzioni*. (Guía italiana para la evaluación y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural en referencia a las normas técnicas para la construcción). Ministerio Italiano de los Bienes y Actividades Culturales, Roma: Ed. Gangemi, 2006.
- [7] GUILLAUD, H. y HOUBEN, H. *Traité de construction en terre*. Marsella: Editions Parenthèses, 1989.
- [8] MINKE, G. *Manual de Construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual*. Montevideo: Nordam Comunidad, 1994.
- [9] MINKE, G. *Building with earth. Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser: Publishers for Architecture, 2006.
- [10] RAVIOLO P. *Il laboratorio geotecnico. Procedure di prova, elaborazione, acquisizione dati*, Milán: Editrice Controls, 1993.
- [11] TOLLES, L., KIMBRO, E. y GINELL, W. *Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe*. Los Angeles: Ed. Getty Conservation Institute, 2002.

#### Cuadernos

- [12] Cuadernos del Consejo de Monumentos Nacionales - Segunda serie, N° 107: Manejo y Normativa de Monumentos Nacionales. Edición CMN, 2006.