

# Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra

Ministerio de Vivienda y Urbanismo

**NTM**

**002**

**ISBN Colección:** 978-956-7674-92-3

**ISBN NTM 002:** 978-956-7674-94-7

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo**

Rodrigo Pérez Mackenna

**Subsecretario de Vivienda y Urbanismo**

Francisco Irarrázaval Mena

**División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional**

Ragnar Branth Litvanyi

**Diseño**

Jennifer Cofré Iribarra

# Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra

Ministerio de Vivienda y Urbanismo

**NTM**

**002**



# Introducción

Al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) le corresponde formular y supervisar la política habitacional y urbanística en nuestro país, velando porque las obras de urbanización y construcción, y los materiales y sistemas a utilizar en las edificaciones, cumplan con los estándares vigentes. Para realizar esta labor, el Minvu debe contar con normas o reglamentos técnicos referentes a las materias que le corresponde conocer.

Es ese marco, y derivado de las graves consecuencias provocadas por el terremoto que en 2010 afectó a la zona central del país, el Minvu llevó adelante un proceso de análisis de la normativa legal, reglamentaria y técnica vigente, que regula el proceso constructivo en sus distintos aspectos, encomendándose a la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (Ditec) la revisión de los temas más relevantes, centrándose en aspectos en los cuales la reglamentación vigente no era explícita o no contemplaba regulación alguna.

Para llevar a cabo dicho análisis se solicitó al Instituto de la Construcción la colaboración a través de un comité de expertos en cada materia. El trabajo desarrollado por el referido grupo de expertos se ha traducido en una propuesta de normas, denominadas Normas Técnicas Minvu (NTM), las cuales constituyen el primer cuerpo de normas elaboradas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

La presente publicación guarda relación con la denominada NTM 002 “Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra”, que establece las condiciones y requisitos mínimos que podrán cumplir los proyectos estructurales para la alteración, restauración, rehabilitación, remodelación, reparación o consolidación estructural de las construcciones de tierra.

Cabe señalar que se considerará como construcción de tierra toda edificación existente cuya estructura principal haya sido elaborada con alguno de los sistemas constructivos indicados en el punto 1 de la presente norma (pág. 10).



Norma Técnica Minvu  
NTM 002

---

# Norma Técnica NTM 002

Establecida mediante Res. Ex. N° 8955, de fecha 5/12/2013

**Resuelvo N° 1:** Establécese la Norma Técnica 002 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo “Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra”, en adelante NTM 002, cuyo texto se transcribe a continuación:

**Estructuras:** Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra.

## Preámbulo

La presente Norma Técnica Minvu, se estudió a través de un Panel de Expertos constituido en el Instituto de la Construcción a solicitud del Ministerio de Vivienda y Urbanismo para establecer las condiciones y requisitos mínimos que deberán cumplir los proyectos estructurales para la alteración, restauración, rehabilitación, remodelación, reparación o consolidación estructural de las construcciones de tierra.

Los criterios y las disposiciones propuestas 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 anteriores a las normas y ordenanzas vigentes.
- c) Mejorar las condiciones de seguridad estructural de las construcciones de tierra.

Esta Norma fue preparada por el Instituto de la Construcción y en su estudio el Panel de Expertos estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes:

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Colegio de Ingenieros de Chile A.G.	Sergio Contreras A. -Presidente Comité
Asociación Ingenieros Civiles Estructurales - AICE	Alfonso Larraín V.
Arriostra Ingenieros	Gerardo Fercovic M.
Centro Nacional de Restauración y Conservación	Mónica Bahamondes P.
Colegio de Arquitectos	Marjolaine Neely D.
Colegio de Arquitectos	César Otárola B.
Consejo de Monumentos Nacionales	Mauricio Sánchez
Consultor Particular - Arquitecto	Jorge Atria L.
Consultor Particular - Arquitecto	Pablo González A.
Idiem, Universidad de Chile	Fernando Yáñez U.
Instituto de la Construcción	Carmen Abarca C.
Ministerio de Obras Públicas	Mireya Danilo B.
Pontificia Universidad Católica de Chile	Francisco Prado G.
Pontificia Universidad Católica del Perú	Julio Vargas N.
Sergio Contreras y Asociados	Juan Luis Contreras D. - Secretario Técnico

# Contenido

Página	Temas
10	1. Alcance de la norma
12	2. Referencias normativas
14	3. Términos y definiciones
17	4. Simbología
18	5. Construcción de tierra
20	6. Criterios de intervención
22	7. Proyecto estructural de construcciones de tierra
24	8. Catastro de la estructura de la construcción de tierra
26	9. Análisis del estado de la construcción de tierra previo a la intervención
28	10. Propiedades mecánicas de los materiales
29	11. Bases de diseño y cálculo
31	12. Intervención estructural de la construcción
32	13. Reparación
35	14. Sistemas de refuerzo
36	15. Ejecución de las intervenciones
37	16. Plan de mantención de la construcción
39	17. Anexos

# 1. Alcance de la norma

La presente norma establece las condiciones y requisitos mínimos que podrán cumplir los proyectos estructurales para la alteración, restauración, rehabilitación, remodelación, reparación o consolidación estructural de las construcciones de tierra. Esta resolución tiene carácter de referencial, mientras no se disponga su obligatoriedad, en los términos dispuestos en el D.F.L N° 458, de 1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones, y sus modificaciones, y en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, aprobada por D.S. N° 47, (V. y U.), de 1992 y sus modificaciones.

Las construcciones de tierra son aquellas cuya estructura principal está constituida por:

- a.** Albañilería de adobe
- b.** Tapial
- c.** Quincha
- d.** Mampostería de piedra asentada en barro

Se considerarán como elementos y sistemas estructurales en las construcciones de tierra existentes a intervenir, los siguientes:

- a.** Fundaciones
- b.** Muros y contrafuertes
- c.** Tabiques de adobillo
- d.** Sistema de techumbre
- e.** Entrepiso
- f.** Conexiones
- g.** Otros elementos, los cuales deben ser identificados en el proyecto



## 2. Referencias normativas

**Norma Técnica E-080.** Construcción con Adobe, Perú.

**NZS 4297 1998.** Engineering Design of Earth Buildings.

**“Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismo-resistente de estructuras históricas de adobe”.** Getty Conservation Institute, USA.

**“Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per la costruzioni”.** Guía italiana para construcciones patrimoniales.

**Building with earth.** Gernot Monke, Alemania.

**Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments.** (Carta de Atenas), 1933.

**International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites.** (Carta de Venecia), 1964.

**Normas de Quito.** 1967.

**CRATerre.** Traité de Construction en terre, Editions Parenthèses, 1989, Marsella.

**Minke, Gernot.** Manual de Construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual, Nordam Comunidad, 2001, Montevideo.

**Raviolo Pier Luigi, Il laboratorio geotécnico.** Procedure di prova, elaborazione, acquisizione dati, Editrice Controls, 1993, Milán.

**ASTM D421-85 (2002).** Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants.

**ASTM D422-63 (2002).** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

**ASTM D2217-85 (1998).** Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants (Withdrawn 2007).

**AASHTO T 27-06.** Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

**AASHTO T 88.** Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils.

**BS 1377-1:1990.** Methods of test for soils for civil engineering purposes. General requirements and sample preparation.

## 3. Términos y definiciones

Para los efectos de la presente norma se aplican los siguientes términos y definiciones:

**3.1 Albañilería de adobe:** Estructura ejecutada con bloques fabricados con tierra cruda (barro) y paja, secados al aire, los cuales deben ser colocados según un determinado aparejo.

**3.2 Compatibilidad:** Comportamiento afín entre refuerzos, la intervención y el material original, que evita el daño de uno al otro durante la ocurrencia de sismos, aún en estado fisurado del material.

**3.3 Conservación:** El conjunto de procesos necesarios para la mantención de las características arquitectónicas.

**3.4 Consolidación estructural:** Proceso de restituir las condiciones de estabilidad estáticas y dinámicas de una construcción que presente daño en sus elementos estructurales.

**3.5 Esbeltez:** Razón entre altura y espesor de muro.

**3.6 Identificabilidad:** Posibilidad de identificar la intervención realizada con la finalidad de permitir un análisis frente a eventuales daños.

**3.7 Informe de levantamiento crítico:** Documento que describe el estado general de la construcción y su condición estructural previa a la intervención.

**3.8 Intervención:** Proceso que implica la ejecución de obras de construcción en las edificaciones existentes o su entorno.

**3.9 Levantamiento de la estructura de la construcción de tierra:** Documento que contiene la descripción específica de su condición estructural previa a la intervención.

**3.10 Mejoramiento:** Acción que tiene como objetivo aumentar la calidad de una construcción o sitio existente.

**3.11 Módulo de elasticidad:** Razón entre el esfuerzo en una sección y la deformación unitaria normal a ella.

**3.12 Plan de mantención:** Conjunto de actividades organizadas con la finalidad de planificar y ejecutar una mantención que proteja la integridad de la estructura, considerando los criterios adoptados en las bases de cálculo.

**3.13 Preservación:** Proceso de mantener el estado de una construcción protegiéndola anticipadamente de daños mediante las intervenciones necesarias.

**3.14 Quincha:** Estructura de cañas, varillas de madera u otro material semejante, recubierta con barro mezclado con paja y proyectado manual o mecánicamente.

**3.15 Reciclaje, acondicionamiento o habilitación:** Acción tendiente a lograr que una determinada construcción sea apta para un nuevo destino.

**3.16 Reposición:** Restablecimiento parcial o total de un elemento existente.

**3.17 Resistencia a la compresión de la albañilería:** Cuociente entre la fuerza axial resistida entre el área transversal de una pila de adobe de esbeltez cercana a 4.

**3.18 Resistencia a la compresión de la unidad:** Cuociente entre la fuerza axial resistida entre el área de un cubo de alrededor de 100 mm de lado.

## 3. Términos y Definiciones

**3.19 Resistencia a la compresión por aplastamiento:** Cuociente entre la fuerza aplicada en el área de aplicación sobre un muro de adobe.

**3.20 Resistencia al corte de la albañilería:** Cuociente entre de dos veces la fuerza aplicada sobre la diagonal de un murete cuadrado de albañilería de adobe, dividida entre  $\pi$  veces el área transversal diagonal del murete mismo.

**3.21 Reversibilidad:** Posibilidad de retirar el refuerzo o eliminar la modificación realizada dentro del proceso de intervención, para permitir el uso de futuras soluciones.

**3.22 Seguridad estructural:** Garantía de estabilidad sin colapso de las estructuras, que puede asociarse a la seguridad de vida de los ocupantes de la construcción.

**3.23 Tapial:** Estructura hecha con tierra apisonada por capas dentro de un moldaje lateral.

## 4. Simbología

Los símbolos empleados en esta norma tienen el siguiente significado:

**$E$** : Módulo de elasticidad expresada en MPa .

**$f'_o$** : Resistencia última a la compresión de la unidad de adobe en MPa.

**$f_o$** : Resistencia admisible a la compresión de la unidad de adobe en MPa.

**$f'_m$** : Resistencia última a la compresión de pilas de albañilería de adobe en MPa.

**$f_m$** : Resistencia admisible a la compresión de pilas de albañilería de adobe en MPa.

**$f_b$** : Resistencia admisible a la compresión por aplastamiento de la albañilería de adobe en MPa.

**$v_m$** : Resistencia al corte de la albañilería de adobe en MPa.

## 5. Construcción de tierra

Se considerará construcción de tierra toda construcción existente cuya estructura principal haya sido construida con alguno de los sistemas constructivos indicados en el punto 1. de la presente Norma.

Adicionalmente, las especificaciones contenidas en esta norma serán aplicables a la intervención de construcciones existentes anteriores a la entrada en vigencia del D.F.L. N° 2, de 1959, que tengan alguna de las tipologías estructurales y estén construidas con los materiales que se establecen en el punto 1. de la presente Norma.



## 6. Criterios de intervención

En la intervención de las construcciones de tierra, se utilizarán los siguientes criterios:

### 6.1 Criterios estructurales

Los criterios de diseño de la intervención, desde un punto de vista estructural son:

- 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, en base a refuerzos de mínima intervención, compatibles y reversibles.
- c. Criterios mixtos, donde se complementan los dos criterios anteriores.

Las construcciones pueden haber sido concebidas con criterios sismo resistentes propios de la época de su construcción y su conservación puede estar en riesgo por la acción de los sismos. Por este motivo es necesario utilizar en su intervención, criterios de diseño que garanticen el control de los desplazamientos y eviten el colapso mediante refuerzos adicionales.

### 6.2. Criterios de restauración:

- a. **Evaluación caso a caso:** Las construcciones de tierra pueden tener valor documental, en su materialidad y sistema constructivo, información relevante sobre la sociedad que lo construyó, lo que constituye un atributo que frente a una intervención de restauración puede ser evaluado caso a caso.



La conservación puede estar en riesgo por la acción de los sismos. Por este motivo es necesario utilizar en su intervención, criterios de diseño que garanticen el control de los desplazamientos y eviten el colapso mediante refuerzos adicionales.

**b. Levantamiento y diagnóstico crítico:** Una intervención de restauración puede requerir un diagnóstico del estado de la construcción y de su entorno, con el objetivo de identificar las patologías y daños que permitan establecer, futuras medidas de prevención, por medio de un análisis inverso para establecer el origen y causa de las lesiones.

**c. Historial constructivo:** Una intervención de restauración puede requerir el estudio de 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.

**d. Compatibilidad matérica:** Las intervenciones de restauración pueden proponer sistemas constructivos materialmente compatibles con la construcción original.

# 7. Proyecto estructural de construcciones de tierra

## 7.1 Consideraciones generales

Los proyectos que permitirán llevar a cabo las intervenciones en las construcciones de tierra, deberán cumplir todos los requerimientos necesarios para garantizar su seguridad estructural y la seguridad de sus ocupantes.

Los proyectos regulados por la presente Norma deberán 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.
- c. Aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad severa.

Las intervenciones estarán destinadas a evitar el colapso en estado último, a través del control de los desplazamientos, para lo cual se debe especificar los refuerzos necesarios.

Además, se deberá considerar una planificación del mantenimiento de las construcciones intervenidas, a fin de garantizar la permanencia en el tiempo de las hipótesis de cálculo consideradas.

## 7.2 Diagnóstico del estado de la construcción de tierra

Con el fin de determinar el estado general de las construcciones de tierra y su condición estructural previa a la intervención, se deberá realizar un diagnóstico, cuyo resultado deberá quedar plasmado en un Informe Técnico de Diagnóstico, el cual contendrá, al menos, lo siguiente:

- a.** La información relacionada con la construcción, como su data de construcción, modificaciones realizadas y evolución en el tiempo, materiales, destinos de uso, cambios de uso, etc., que permitan una profunda comprensión de la construcción.
- b.** Un levantamiento de la construcción, según el punto 8 de la presente norma.
- c.** Origen y causa de las patologías observadas, considerando los antecedentes recopilados previamente, el efecto de intervenciones anteriores y su impacto en el estado de conservación de la construcción.
- d.** Las conclusiones obtenidas de conformidad a lo establecido en las letras a, b y c, precedentes, mediante los cuales se determinará la condición estructural de la construcción antes de la intervención, sus riesgos de estabilidad y durabilidad.

Con lo anterior, se determinará las líneas de acción de cada proyecto, acorde a las características arquitectónicas del inmueble y su condición estructural.

# 8. Catastro de la estructura de la construcción de tierra

El catastro de la estructura deberá contener las descripciones específicas de las construcciones en su condición estructural previa a la intervención. La señalada descripción deberá incluir, a lo menos:

## 8.1 Descripción de la construcción de tierra:

**a. Levantamiento geométrico:** este levantamiento deberá reflejar en detalle el estado de situación de la construcción. Los datos obtenidos se deberán representar en planos a escala adecuada mediante plantas, elevaciones, cortes y detalles.

**b. Levantamiento de materiales existentes:** este levantamiento deberá contener la identificación y caracterización de los materiales relevantes de la estructura de la construcción.

**c. Levantamiento de daños y agentes de deterioro:** este levantamiento deberá contener una exhaustiva descripción de los principales daños y patologías de la construcción, el estado de conservación de la estructura y sus materiales constituyentes.

**d. Pruebas de campo o laboratorio:** que permitan determinar las características químicas y mecánicas de los materiales para realizar el análisis indicado en el punto 9. de esta norma. En caso de existir un impedimento para realizar las pruebas de campo o laboratorio para determinar las características mecánicas de los materiales, se podrán utilizar los valores establecidos en el punto 10 de la presente norma. Las pruebas de laboratorio a realizar se describen en Anexo C.

## 8.2 Informe de Levantamiento

El Informe de Levantamiento deberá reunificar la información obtenida de conformidad a lo establecido precedentemente, para dar respuesta al diagnóstico del estado de la construcción, según se determina en la letra b del número 7.2. de la presente norma.



110-028 130-302 044-425



# 9. Análisis del estado de la construcción de tierra previo a la intervención

**El análisis de la construcción deberá incluir, a lo menos, lo siguiente:**

**a. Análisis estructural:** este análisis deberá 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 podrá 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 deberá llevar a cabo una verificación del diseño de los elementos estructurales, considerando los resultados de conformidad a lo establecido en el punto 8.1.

**c. Verificación de la geometría:** se deberá llevar a cabo una verificación de las relaciones geométricas de los muros, entre las cuales se considerarán a lo menos las siguientes:

**i. Esbeltez:** los muros no deberán sobrepasar una esbeltez de 8. Se deberá considerar el uso de elementos de refuerzo adicionales de acuerdo a lo establecido en el Anexo B de la presente Norma. El espesor mínimo de muros estará determinado implícitamente por la esbeltez máxima.

En caso de ser necesario, se podrá reducir la altura de los muros, retirando hiladas de adobes a fin de cumplir con la limitación de esbeltez;

**ii. Tamaño máximo de vanos:** los vanos no deberán tener un ancho superior a 2,5 veces el espesor del muro.

**iii. Ubicación de vano:** los vanos para ventanas y puertas deberán ubicarse a una distancia no menor a 3 veces el espesor del muro desde el borde libre más próximo.

**iv. Arriostramientos verticales:** la longitud libre, medida en la base deberá ser mayor o igual a 3 veces el espesor del muro a arriostrar. Podrán usarse como arriostramiento vertical los muros transversales interiores o contrafuertes especialmente diseñados, todos los cuales deberán estar correctamente trabados en su estructura. El espesor de los contrafuertes deberá ser igual o mayor que el del muro a arriostrar.

# 10. Propiedades mecánicas de los materiales

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

En el evento que no existan pruebas específicas de laboratorio efectuadas de conformidad con lo dispuesto en el del punto 8.1, se deberá considerar que los materiales usados tienen las siguientes propiedades:

<b><i>E</i></b>	: 200 MPa
<b><i>f'0</i></b>	: 1.2 MPa
<b><i>f'm</i></b>	: 0.6 MPa
<b><i>fb</i></b>	: 1.25 f'm
<b><i>Vm</i></b>	: 0.025 MPa

# 11. Bases de diseño y cálculo

Las 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 la esbeltez indicada en la letra c. punto i. del numeral 9 de la presente Norma. Salvo que se contemplen refuerzos con otro tipo de materiales y/o sistemas constructivos, se deberán considerar las condiciones geométricas indicadas a verificar en el punto 9 precedente.

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

**a. Descripción de la estructura:** incluyendo una breve identificación y caracterización de la tipología edificatoria de la construcción 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. Solicitaciones:** identificación, descripción y cuantificación de los pesos, cargas de uso y cargas especiales que debe resistir la construcción.

**e. Combinaciones de carga:** descripción de las combinaciones de cargas incluidas en las solicitudes consignadas en la letra c anterior, de acuerdo a las normas aplicables al diseño.

# 11. Bases de diseño y cálculo

**f. Antecedentes del análisis sísmico:** descripción de los parámetros del diseño sísmico, los cuales deberán contener, al menos, la zona sísmica, el coeficiente de importancia de la construcción y el factor de modificación de respuesta, según la normativa vigente en lo que a diseño sísmico se refiere.

**g. Parámetros del suelo de fundación:** descripción de los parámetros básicos del suelo, de acuerdo a la normativa vigente.

## 12. Intervención estructural de la construcción

Se considerará intervención estructural a la modificación de la construcción, destinada a reparar o estabilizar las estructuras principales y secundarias de ella. Esta intervención deberá cumplir con las condiciones mínimas que aseguren un buen comportamiento estático y sísmico, de acuerdo a lo establecido en el punto 7 de la presente Norma, mediante la utilización de materiales compatibles con la estructura existente.

El diseño de las reparaciones y refuerzos se deberá realizar garantizando que se mejore o se restituya las características monolíticas de la estructura, además de restringir los desplazamientos de ésta.

# 13. Reparación

La reparación estructural es la restitución de la capacidad resistente y rigidez de la estructura original dañada, mediante un conjunto de operaciones destinadas a restituir la condición monolítica de la misma. Este conjunto de operaciones podrá incluir, según corresponda, algunos de los trabajos siguientes:

**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, evitando las reparaciones consistentes en trabajos locales que no restablezcan su continuidad íntegramente.

**b. Inyección de grietas:** tratamiento cuya metodología aplicada deberá considerar rellenos fluidos y continuos que aseguren la restitución del monolitismo de la estructura.

**c. Trabado de esquinas y encuentros de muros:** tratamiento cuya metodología estará destinada a restablecer el monolitismo en uniones verticales de muros que hayan perdido su vinculación estructural.

**d. Restitución de la verticalidad de los paramentos:** en los casos en que los muros hayan perdido sensiblemente su verticalidad, ésta deberá ser restituida evitando que dicha acción altere el comportamiento estructural del muro, introduciéndole esfuerzos adicionales, que debe evitarse, en alguna de sus secciones. La verticalidad relativa de un muro no deberá superar un 10% de su espesor. Si la verticalidad del muro superara el 10% y fuera menor que un 25% se deberá considerar una restitución de su verticalidad. Para desviaciones de verticalidad mayores que 25%, se deberá considerar una estabilización del muro y restitución de verticalidad.

**e. Reposición de estructura de cubierta:** el coronamiento de los muros deberá proveer una rigidez horizontal adecuada a la construcción mediante una cadena horizontal superior conectada a los muros



La reparación estructural es la restitución de la capacidad resistente y rigidez de la estructura original dañada, mediante un conjunto de operaciones destinadas a restituir la condición monolítica de la misma.

de manera que se asegure el trabajo conjunto de los muros y la transmisión de la carga desde la cubierta a los mismos. Para ello será necesario:

- 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.
- 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 requerimientos estructurales.
- Diseñar una viga horizontal o solera superior para garantizar el trabajo conjunto y flexible de los muros de soporte. El anclaje de esta solera deberá 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.

**f. Reestructuración de tabiques:** procedimiento de recomposición de la estructura soportante de madera de los tabiques, cuyos rellenos estén ejecutados con adobe, impidiendo mediante refuerzos el vaciamiento de los rellenos.

**g. Intervención en fundaciones de muros y tabiques en que se deberá considerar:**

- Diseño de nuevas fundaciones, en los casos que ésta sea inexistente.
- Diseño de nuevas fundaciones o refuerzo de las existentes, cuando esté subdimensionada respecto de las solicitaciones.
- Refuerzo de las fundaciones existentes, cuando ellas hayan perdido su monolitismo y capacidad resistente.

# 13. Reparación

**h. Restitución de estucos de barro:** procedimiento mediante el cual se restituyen los estucos existentes con otros nuevos de similares características, lo cual protege los paramentos de los muros y los refuerzos estructurales.

**i. Reparación de dinteles:** se deberá remover adobes sobre los dinteles y llevar a cabo su remplazo, reponiendo la albañilería de adobe para restituir las condiciones estructurales. Es posible remplazar la zona de la albañilería sobre el dintel con una estructura doble de quincha.

**j. Reparación de erosión en muros:** procedimiento cuya metodología busca reconstituir las características estructurales y geométricas de muros, ya sea mediante remplazo de piezas u otros.

**k. Remplazo de terminación inadecuada:** se deberá asegurar una adecuada terminación de los paramentos verticales eliminando revestimientos cerámicos o cementicios que impidan la eliminación de la humedad del muro. La terminación deberá ejecutarse con productos de poro abierto que permitan la transmisión de aire entre el ambiente y el alma del elemento.

**l. Otros que deberá definir el proyectista.**

# 14. Sistemas de refuerzo

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

Entre ellos se podrán considerar los siguientes:

**a. Refuerzos continuos:** corresponden a elementos que abarcan gran superficie o la totalidad de los paramentos verticales de los muros, los cuales confinan la estructura disminuyendo sus deformaciones y desplazamientos relativos entre cimiento y muro, entre muros y entre muro y techo. Un ejemplo de esto puede ser la aplicación de una malla compatible con el material original. Estas mallas también deberán impedir el derrumbe de unidades de adobe o trozos agrietados de muro.

**b. Refuerzos discretos:** elementos puntuales que tienen un efecto localizado para mejorar el comportamiento en una zona específica de la estructura de un inmueble o el comportamiento global. Un ejemplo de estos puede ser la aplicación de un tensor de apoyo a una cercha existente, un cable de acero o cuerda sintética que confine los muros para evitar su volcamiento.

**c. Refuerzo 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. Un ejemplo de esto pueden ser conectores metálicos en las uniones de las piezas de las cerchas.

**d. 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 de la construcción.

**e. Refuerzos de fundaciones:** corresponde a los trabajos de intervención en la fundación de una construcción, ya sean ellos locales o generalizados, para asegurar la transmisión de las fuerzas al terreno.

**f. Otros:** debidamente especificados y justificados por el proyectista.

# 15. Ejecución de las intervenciones

Con la finalidad de asegurar la prevalencia de las características arquitectónicas de las construcciones de tierra, la ejecución de las intervenciones estructurales podrá ceñirse a los diseños desarrollados anteriormente.

## 16. Plan de mantenimiento de la construcción

Con la finalidad de asegurar las hipótesis de cálculo y las características de la construcción, resulta recomendable que el proyecto de intervención cuente con un **plan de mantenimiento**, el cual podrá considerar a lo menos:

**a. Actividades preventivas a realizar:** corresponden a las revisiones y acciones que deberán realizarse periódicamente para asegurar la conservación de la estructura de la construcción antes que ésta presente algún daño.

**b. Actividades correctivas a realizar:** corresponden a las revisiones y acciones que deberán realizarse periódicamente para asegurar la conservación de la estructura de la construcción de tierra, luego que ésta presente algún daño leve.

**c. Periodicidad de las actividades:** corresponde a la frecuencia con que deberán realizarse las acciones solicitadas.

**d. Otras actividades que defina el proyectista.**



# ANEXOS

Norma Técnica Minvu  
NTM 002

---



# 17. Anexos

## Anexo A

Para los efectos de la presente norma, se considerarán materiales estructuralmente incompatibles aquellos cuya rigidez difiera en más de un 100% con el o los materiales predominantes de la estructura que se conservará.

Alguno de los materiales estructuralmente compatibles con las estructuras de las construcciones de tierra son:

- A.1.** Geomalla de polipropileno
- A.2.** Mallas de acero electrosoldadas
- A.3.** Madera
- A.4.** Albañilería de adobe
- A.5.** Caña
- A.6.** Otros materiales debidamente especificados y fundamentados por el proyectista

## Anexo B

### Sistemas de Refuerzos

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

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

- B.1.** Muros de adobe
- B.2.** Contrafuertes de adobe
- B.3.** Conectores de acero para maderas
- B.4.** Estructuras de madera
- B.5.** Tensores de acero o sintéticos en estructuras de madera
- B.6.** Cables o bandas de acero o material sintético en estructuras de madera
- B.7.** Mallas poliméricas elaboradas
- B.8.** Mallas de acero electrosoldadas
- B.9.** Otros especificados y fundamentados por el proyectista

# 17. Anexos

## Anexo C

### Pruebas de Laboratorio

Las pruebas de laboratorio más comunes a realizar son:

#### I. Propiedades físicas:

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

#### II. Propiedades químicas:

- Análisis de los componentes minerales
- Análisis de los minerales arcillosos
- Contenido de carbonatos

#### III. Propiedades mecánicas:

- Prueba de compresión monoaxial
- Prueba de flexión sobre tres puntos
- Prueba de tracción indirecta
- Pruebas de compactación
- Prueba edométrica
- Prueba de corte directo

**Resuelvo N° 2:** La Norma Técnica que se establece en virtud de la presente resolución tiene el carácter de referencial, mientras no se disponga su obligatoriedad, en los términos dispuestos en el D.F.L N° 458, de 1975, Ley General de Urbanismo y Construcciones, y sus modificaciones, y en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, aprobada por D.S. N° 47, (V. y U.), de 1992 y sus modificaciones.



Las pruebas de laboratorio señaladas anteriormente, deberán ser realizadas de acuerdo a la normativa vigente en Chile para cada caso, ante ausencia de norma nacional, podrá utilizarse norma extranjera reconocida internacionalmente.





Ministerio de  
Vivienda y  
Urbanismo

Gobierno de Chile



CONSTRUCCIÓN  
SUSTENTABLE

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo** - [www.minvu.cl](http://www.minvu.cl)  
Alameda 924 - Santiago - Chile  
Teléfono (56-2) 2351 3000