



GUÍA METODOLÓGICA DE CONSERVACIÓN 1

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y MORTEROS

1ER CURSO TALLER DE CONSERVACIÓN DEL
PATRIMONIO EDIFICADO EN TIERRA
(TEORÍA Y PRÁCTICA)

PROYECTO QHAPAQ ÑAN SEDE NACIONAL - CENTRO TIERRA

MINISTERIO DE CULTURA

**QHAPAQ
ÑAN** PERÚ
sede
nacional



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ



PERÚ

Ministerio de Cultura

**QHAPAQ
ÑAN**
PERÚ
sede
nacional



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DE LA
ARQUITECTURA
Y LA CIUDAD

MINISTRO DE CULTURA

Luis Jaime Castillo Butters

VICEMINISTRA DE PATRIMONIO CULTURAL E INDUSTRIAS CULTURALES

María Elena Córdova Burga

COORDINADOR GENERAL DEL PROYECTO QHAPAQ ÑAN – SEDE NACIONAL

Elías Mujica Barreda

Editado por:

MINISTERIO DE CULTURA DEL PERÚ

Proyecto Qhapaq Ñan

Avenida Javier Prado Este 2465, San Borja, Lima 41

Teléfono: (511) 618-9393/Anexo 2651

E-mail: qhapaqnan@cultura.gob.pe

www.gob.pe/cultura

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Centro de Investigación de la Arquitectura y la Ciudad

Avenida Universitaria 1801, San Miguel, Lima 32

Teléfono: 6262000 - Anexo 4000

E-mail: ciac@pucp.edu.pe

www.pucp.edu.pe/unidad/centro-de-investigacion-de-la-arquitectura-y-la-ciudad/

Guía metodológica de conservación 1: materiales de construcción y morteros

Primera edición, julio 2019

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2019-09490

ISBN 978-612-4391-16-3

Investigación y textos

Sofía Rodríguez-Larraín Degrange, Julio Vargas Neumann, Mirna Soto Medina, Teresa Montoya Robles, Giuseppina Meli, Silvia Onnis, José Luis Pino Matos

Diseño y diagramación

Giuseppina Meli, Cecilia Solís Duharte, Lorena Mujica Rubio

Documentación fotográfica

Archivo Centro Tierra (Silvana Loayza León, Jéssica Álvarez Cueva, Teresa Montoya Robles), Archivo Qhapaq Ñan (Iván Ccachura Sánchez, José Luis Matos Muñasqui)

Corrección de Estilo

Karen Paz Bacharch, Daniel Soria, Fiorella Rojas

Impresión

Rapimagen S.A.

Dirección: Av. Caquetá N° 467 Interior 415 - Urbanización Rímac, San Martín de Porres, Lima

Tel.: 715 2253

Agosto, 2019

Tiraje: 500 ejemplares



PERÚ Ministerio de Cultura



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DE LA
ARQUITECTURA
Y LA CIUDAD

GUÍA METODOLÓGICA DE CONSERVACIÓN 1

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y MORTEROS

1^{ER} CURSO TALLER DE CONSERVACIÓN DEL
PATRIMONIO EDIFICADO EN TIERRA
(TEORÍA Y PRÁCTICA)

ÍNDICE

Presentación	07
Qhapaq Ñan	09
Centro Tierra	11

1. TEMAS SOBRE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO EN TIERRA

1.1. Historia y teoría de la conservación. Cesare Brandi	14
1.2. El patrimonio cultural en tierra en el Perú y el impacto histórico de los desastres naturales	18
1.3. Declaración de Lima (2010) y Principios de conservación en área sísmica (2012)	20
1.4. La tierra como material de construcción	22
1.5. Técnicas de construcción con tierra	24
1.6. Fisuras, grietas y reparaciones	26
1.7. Criterios de diseño estructural e investigación de refuerzos sísmicos	28
1.8. Historia y descripción de la norma	32

PRESENTACIÓN

Esta guía metodológica, vista como un primer documento didáctico, se elabora a consecuencia del taller realizado entre el Proyecto Qhapaq Ñan-Sede Nacional y Centro Tierra PUCP, como parte de la “Cátedra UNESCO: Arquitectura de tierra”, en el cual participaron técnicos y especialistas en conservación de los proyectos de campo de distintas partes del Perú. Esta actividad se realizó bajo la guía de los profesionales y los docentes miembros de Centro Tierra.

Los conocimientos impartidos, sumados a la experiencia de campo, nos brindan en este manual; un material valioso que servirá a todos aquellos técnicos que necesiten realizar pruebas con tierra, previamente a cualquier intervención en patrimonio inmueble. Este documento viene acompañado de importantes anexos, como la norma técnica E.080 para diseño y construcción con tierra reforzada; aplicable a edificaciones consideradas patrimonio, y la Declaración de Lima para la gestión de riesgo del patrimonio cultural, título útil para los trabajos de conservación, debido a que muchas de las construcciones prehispánicas se ubican en zonas sísmicas. El manual cuenta también con fichas cuidadosamente elaboradas y una serie de pasos a seguir durante la realización de pruebas de campo.

Esperamos que este documento sea de mucha utilidad en los trabajos en tierra, no solo para los caminos y sitios que conforman el Sistema Vial Andino-Qhapaq Ñan, sino también para cualquier otra construcción en tierra considerada patrimonio edificado.

José Luis Pino Matos
Unidad de Conservación
Proyecto Qhapaq Ñan-Sede Nacional

Huaycán De Cieneguilla
(Foto: José Luis Matos Muñasqui)



PROYECTO QHAPAQ ÑAN

El Estado peruano, a través del Ministerio de Cultura, viene implementando el Proyecto Qhapaq Ñan, que tiene como fin identificar, investigar, registrar, conservar y poner en valor la red de caminos incas que aún subsiste en el territorio nacional.

A mediados de 2001, el Gobierno del Perú, a través del Decreto Supremo N.º 031-2001-ED, declaró de interés nacional la investigación, registro, conservación y puesta en valor del Qhapaq Ñan. Este decreto adquirió fuerza de ley a fines de 2004, con la promulgación de la Ley N.º 28260.

Además, es la primera vez que profesionales y técnicos nacionales realizan una investigación multidisciplinaria que articula el pasado, el presente y el futuro de la sociedad peruana bajo el manejo del territorio.

Esta obra excepcional del mundo andino está así conformada por un conjunto de proyectos de desarrollo que pretenden impulsar mejoras en la calidad de vida de los pueblos asociados al camino a través de la investigación, conservación y puesta en valor social de las manifestaciones culturales vinculadas al Qhapaq Ñan.

El Qhapaq Ñan-Sede Nacional se ejecuta a través de la sede central del Ministerio de Cultura para todos los tramos en las diversas regiones del territorio nacional, con excepción de Cusco. Qhapaq Ñan-Sede Cusco es la encargada de velar por todos los tramos comprendidos en dicha región.



PRESENTACIÓN CENTRO TIERRA

Centro Tierra es un grupo multidisciplinario de la Pontificia Universidad Católica del Perú orientado a la investigación de la arquitectura de tierra en sus aspectos culturales, tecnológicos y sociales. Realiza así proyectos de investigación aplicada y transferencia de tecnología mediante la promoción del uso de la tierra y los recursos locales para la preservación del hábitat y el patrimonio local, articulando la educación superior, la investigación y la difusión de la información.

Se enfoca en cuatro líneas de investigación:

1. Patrimonio

Proyectos de conservación de edificaciones patrimoniales, elaboración de normatividad, paisaje cultural y arquitectura vernácula.

2. Vivienda para el hábitat rural

Técnicas de reforzamiento sismorresistente. Diseño frente al cambio climático y normatividad.

3. Diseño contemporáneo en tierra con la utilización de energías y recursos renovables.

4. Tecnologías contemporáneas de construcción en tierra.

Centro Tierra promueve de esta manera el intercambio de conocimientos y la difusión de buenas prácticas en la construcción con tierra, así como entabla relaciones institucionales con centros de investigación nacionales e internacionales, brinda apoyo a instituciones estatales e impulsa la formación de redes locales de profesionales, técnicos y constructores.





SALIDA
EXIT

SALIDA
EXIT

PERÚ. DESCUBRIMIENTOS Y ESTUDIOS

- El Perú tiene un inmenso patrimonio cultural disperso en su territorio.
- La tarea de conservación, esfuerzo en manos del Estado, es difícilmente realizable.
- Se desarrolla el modelo peruano de asociación público-privada para la conservación monumental, inicialmente en la costa norte peruana: El Brujo, Huaca del Sol y de la Luna y Tucumé.



Huaca Larja, Tucumé

J. Vargas y E. Mulica – Public-Private partnerships for conservation and site management. Three case studies from the north coast of Peru – Berlin 2007

TEMAS SOBRE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO EN TIERRA

ARQ. MIRNA SOTO MEDINA
ING. JULIO VARGAS NEUMANN

1.1. HISTORIA Y TEORÍA DE LA CONSERVACIÓN CESARE BRANDI

Arq. Mirna Soto Medina

Son variadas las situaciones que enfrenta el conservador en su día a día, dado que los bienes arqueológicos están afectados en su materialidad, en su expresión estética e incluso en la lectura de su historicidad.

El objetivo de toda obra de conservación es preservar la autenticidad del monumento, es decir, asegurar la lectura real y verdadera de la información histórica y de su mensaje artístico, que le permita seguir siendo un testimonio de la historia, que incluya su estudio científico y que de manera fiel se transmita al futuro. La intervención de conservación en edificaciones arqueológicas supone una confrontación.

La tarea no es fácil, durante la intervención enfrentamos una serie de situaciones que requieren permanentemente la toma de decisiones. Además, sin un adecuado discernimiento, el abordaje del problema podría ser sesgado y el tratamiento empírico acarrear soluciones erróneas. En tal sentido, si bien es cierto que no existen fórmulas precisas que solucionen problemas, existe el fundamento teórico que nos permite discriminar la pertinencia de dichas soluciones.

La teoría ha madurado a través del tiempo. Desde las primeras formulaciones de mediados del siglo XIX hasta hoy, mucho se ha reflexionado y se ha escrito en congresos, cartas internacionales y una extensa bibliografía, así como también actualmente hay mayor acceso a formación académica en variados niveles. Los nuevos tiempos requieren conciliar la teoría y la práctica en beneficio del monumento.



Huaca La Merced, Surquillo, Lima
[Foto: Mirna Soto Medina]



Producto de la reflexión y el debate, las cartas internacionales suelen arribar a una serie de conclusiones de fácil recordación. Asimismo, un estudio más profundo nos puede llevar a analizar los fundamentos de cada precepto. Para los interesados en esto, existe la teoría de la restauración, y una de las teorías que mayor impacto ha tenido es la de Cesare Brandi.

Cuando se funda en 1938 en Italia, el Istituto Centrale del Restauro (denominado actualmente Istituto Centrale per il Restauro [ICR], llegó a ser rápidamente la institución estatal italiana de mayor importancia dedicada al campo de la restauración de bienes culturales. Cesare Brandi (Siena, 1906-Vignano, 1988), historiador, crítico de arte, ensayista y especialista en teoría de restauración de obras de arte, asumió su dirección y permaneció en el cargo durante los primeros veinte años.

Desde entonces, Brandi formuló una teoría filosóficamente razonada, que se convirtió en el cimiento académico que determinó la actuación de generaciones de restauradores italianos e incluso llegó a influir en la concepción de la trascendental Carta de Venecia. Más adelante, la teoría de Brandi repercutió en otros investigadores, que lo tomaron como punto de partida para ampliar, profundizar e incluso plantear nuevas posturas.

Las ideas de Brandi fueron recogidas en su estudio *Teoría de la restauración*, traducido mucho tiempo después al español, pero que afortunadamente hoy es cada vez más accesible para nosotros, incluso de manera virtual. El texto, denso en contenidos, hace referencia a la obra de arte en general y engloba a la pintura, escultura, arquitectura y las ruinas, entre otras.

El conocimiento de su teoría aplicada al campo de la conservación arqueológica ayudaría a todos los involucrados, dentro de un equipo multidisciplinario, a dilucidar la pertinencia o no de nuestras decisiones en la obra.

¿Cuándo y cómo se inicia el proceso de restauración?

La restauración se inicia en el preciso momento en que el restaurador toma contacto con la obra. Es el momento sublime en que el restaurador tiene frente a sí a la obra de arte (léase edificación arqueológica), reconoce por primera vez sus virtudes, valora su trayectoria, aprecia su significado y percibe el espíritu que la embarga. En ese momento, dice Brandi, empieza la restauración, en la medida que los valores existentes y percibidos por la sensibilidad del conservador condicionarán una respuesta de él, con un tratamiento esmerado, cuidadoso, pulcro y especializado, en vías de preservar toda la riqueza de su ser.

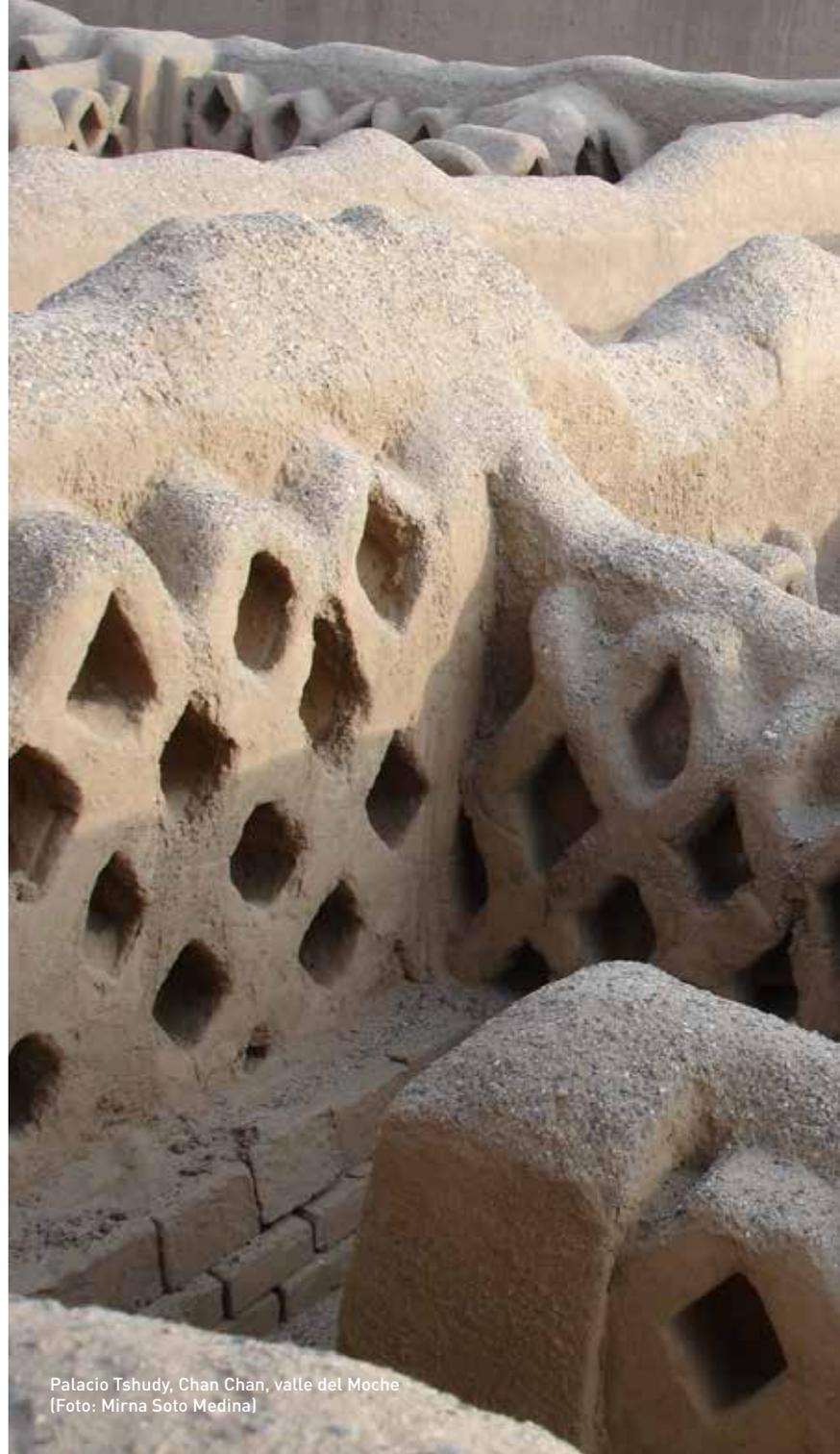
El reconocimiento:

cualquier comportamiento hacia la obra de arte dependerá de que haya sido reconocida como tal.

¿Qué es la obra de arte?

Las obras de arte son productos de la actividad material y espiritual del hombre. Son creaciones excepcionales porque constituyen notables testimonios del pensamiento, el conocimiento, la vida y el quehacer de individuos o sociedades precedentes. Se caracterizan por destacar sobre el común de los objetos de su género, su originalidad y el profundo mensaje que transmiten, y su importancia sigue vigente a través del tiempo, lo que permite que sean reconocidas por las sucesivas generaciones.

En tal sentido, la arquitectura es arte y ciencia a la vez. Los bienes arquitectónicos están formados por las creaciones significativas de cualquier época. La arquitectura rescatada de excavaciones arqueológicas se encuentra ineludiblemente dentro de la categoría de obra de arte, aunque, como veremos más adelante, con una expresión algo diferente.



Palacio Tshudy, Chan Chan, valle del Moche
(Foto: Mirna Soto Medina)



¿Cómo reconocerla?

Como parte inherente a la naturaleza de la obra de arte, Brandi identifica tres aspectos que la componen: la consistencia física, la instancia estética y la instancia histórica.

1.2. EL PATRIMONIO CULTURAL EN TIERRA EN EL PERÚ Y EL IMPACTO HISTÓRICO DE LOS DESASTRES NATURALES

Ing. Julio Vargas Neumann

En los últimos veinte años, se ha logrado investigar el patrimonio nacional y producir información histórica relevante (en relación con descubrimientos, estudios e impactos de los desastres) que asocia nuestro pasado y el desarrollo de nuestras culturas con los desastres naturales (fenómenos de El Niño y sismos) que ralentizaron nuestro desarrollo.

Por otro lado, siendo el Estado el responsable de la conservación patrimonial, se ha configurado un modelo peruano de colaboración entre aquel y el sector privado para ejecutar planes de conservación en importantes sitios históricos del Perú.

Cuatro ejemplos obedecen a este modelo: Túcume, Huacas del Sol y de la Luna, El Brujo y Chavín de Huántar, donde trabajan en conjunto universidades, municipios, instituciones de conservación y empresas privadas, nacionales y extranjeras. Esta información acumulada de nuevos hechos permite un mejor entendimiento de la historia peruana.

Así, sabemos mejor la ubicación y características de los asentamientos con que finalizan los periodos nómadas (Guitarrero, Chivateros, Toquepala, Lauricocha, Pacaicasa, Paján). También se ha conocido la antigüedad de los primeros asentamientos neolíticos, de las primeras culturas y de los centros ceremoniales gracias a las dataciones con carbono-14 (Cerro Paloma, 4500 a. C.; Chilca, 3600 a.C.; El Paraíso, 3200 a.C.; Sechín Bajo, 3500-1500 a.C.; Caral, 3000 a.C.; Áspero, 3000 a.C.; La Galgada 2900 a.C.-1800 a.C.; Ventarrón, 2600 a.C.; Huaca Prieta, 2300 a.C.-1800 a.C.).



Sitio arqueológico Incahuasi, Lunahuaná, Cañete
(Foto: Iván Ccachura Sánchez)



Hoy se conoce que un gran terremoto ocurrido aproximadamente en el año 500 a. C. colapsó la cultura de Chavín de Huántar, la cual subsistió alrededor de mil años. Simultáneamente y de manera interactuada, se desarrolló la cultura Cupisnique (1200 a. C.) en la costa norte.

Asimismo, en un lapso de veinte años se descubrió El Brujo-Huaca de Cao (100 d. C.-600 d. C.) y la tumba de Sipán (250 d. C.), así como Chotuna-Chornancap (650 d. C.) y el Santuario Histórico Bosque de Pomac, que brindó invaluable información acerca de los sacrificios humanos y los detalles de su ejecución.

Salvo el caso de Chavín, el declive de estas culturas se debió a las sequías ocasionadas por el fenómeno de El Niño, y se ha comprobado que fueron causa de sacrificios humanos, conflictos sociales, sobre todo sublevaciones e incendios en las cumbres de las pirámides de tierra, donde moraban las élites gobernantes.

Desde esas épocas, hay evidencias de la existencia de pescadores, agricultores y artesanos que vivían en pequeños poblados dispersos que tuvieron la necesidad de una red eficiente de caminos que los conectara con los centros administrativos con el fin de tributar y practicar algún culto religioso. La extensión de esta red se calcula en más de 50.000 kilómetros, conocida hoy como el Qhapaq Ñan.

1.3. DECLARACIÓN DE LIMA (2010) Y PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN EN ÁREA SÍSMICA (2012)

Ing. Julio Vargas Neumann

De acuerdo a las recomendaciones del World Heritage Center (WHC-Unesco), las cartas de conservación adoptadas por la asamblea general del Icomos (siglas en inglés del Comité Internacional para Monumentos y Sitios) deben ser complementadas por textos doctrinales como declaraciones y resoluciones directrices, normalmente emitidas por los comités nacionales de cada país parte.

La Declaración de Lima nace así del esfuerzo peruano-japonés para poner énfasis en las dificultades para llevar a cabo la conservación patrimonial en áreas con actividad sísmica, pero pueden aplicarse muchos de sus conceptos también en áreas que sufren frecuentemente otros desastres naturales.

De esta forma, uno de los grandes objetivos de la conservación del patrimonio edificado es la durabilidad, la que es más compleja de conseguir en áreas expuestas a desastres naturales en general y sísmicos en particular.

Este documento es difundido por Icomos por considerarlo texto de interés para la conservación, teniendo en cuenta la mitigación de desastres en el patrimonio cultural en zonas sísmicas y de otros desastres naturales.



Sitio arqueológico Huaycán de Cieneguilla, Lima
(Foto: José Luis Matos Muñasqui)



1.4. LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

COMPONENTES RELEVANTES DEL SUELO, PRUEBAS DE CAMPO,
SELECCIÓN DE CANTERAS

Ing. Julio Vargas Neumann

La tierra es un material largamente utilizado para la construcción, e interesa conocer cuáles son los componentes adecuados para ese fin. Las técnicas más empleadas actualmente son la albañilería de adobe y el tapial.

La selección de canteras estará en función de la presencia suficiente de arcilla y arena gruesa más que la de limos o arena fina.

La arcilla es el único componente activo del suelo, y en virtud de ello, añadiendo agua, amalgama los componentes para conformar el barro en estado plástico y amasable. La arcilla, en contacto con el agua, aumenta su volumen, y en cambio, al secarse por evaporación del agua, se encoge y endurece hasta adquirir lo que se denomina resistencia seca, que convierte a la tierra en un material de construcción.

El control de fisuras puede conseguirse mediante el uso de aditivos naturales como la paja y la arena gruesa. La paja en el barro impide el aumento de espesor de las microfisuras de secado. La arena gruesa, en cambio, conforma con la arcilla el esqueleto granular necesario para lograr la resistencia seca y simultáneamente evita la formación de fisuras de secado.

Se han desarrollado dos pruebas complementarias de campo que definen si hay suficiente presencia de arcilla como para obtener resistencia seca, y también establecen la cantidad de arena gruesa que logra optimizarla.



Tramo del Camino Inca, Campus PUCP, Lima
(Foto: Centro Tierra)



El efecto del dormido y el amasado aumenta alrededor del 10% la resistencia del material debido a que el agua llega a tomar contacto con más partículas de arcilla.

El secado debe ser lo más lento posible, a fin de evitar exposiciones al sol y a los vientos para disminuir el agrietamiento.

1.5. TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

TÉCNICAS DE TIERRA Y MIXTAS CON MATERIALES NATURALES

Ing. Julio Vargas Neumann

Es posible reconocer ocho casos de técnicas de construcción con tierra utilizadas en el Perú:

1. Muros de tierra apilada por capas con acabado manual

Estos muros son construidos con barro apilado por capas delgadas de forma manual. La mezcla es poco húmeda y deficientemente amasada, lo que al secarse se traduce en un material poroso y de poca resistencia.

2. Muros con mampuesto de tierra

Los mampuestos de tierra son unidades de formas variadas (ovoides, trapezoidales, cónicas, etc.) que se unen con mortero de barro para conformar los muros.

3. Adobes paralelepípedos

Un caso particular de los anteriores es el uso de adobes paralelepípedos moldeados a mano, usados en la cultura Lima con la técnica del librero.

4. Albañilería de adobe en pirámides y muros

Conformados por barro preparado y elaborados utilizando moldes o gaveras de madera. El mortero de barro se emplea para asentar las unidades.

5. Muros de tapial (compactado)

Técnica realizada con tierra húmeda compactada con mazos utilizando encofrados normalmente de madera.



Sitio arqueológico Tarmatambo, Tarma, Junín. Tramo Acostambo-Huánuco Pampa
(Foto: Josñe Luis Matos Muñasquí)



6. Muros de quincha

De construcción mixta, realizados en base a tierra sobre entramados de madera, caña o ramas.

7. Mamposterías mixtas de tierra protegida con piedras

Muros de núcleos anchos de tierra cubiertos por caras exteriores de piedra asentadas con barro para protegerlos de la lluvia y erosión del viento.

8. Mampostería de piedra asentada con barro

Muros donde las piedras son unidas por morteros de barro, del cual depende su resistencia.

1.6. FISURAS, GRIETAS Y REPARACIONES

Ing. Julio Vargas Neumann

La destrucción sísmica del patrimonio en tierra es mayor que la de otros materiales de construcción, como se comprueba en todas las zonas sísmicas del mundo después de sucedido un terremoto. Producidas las grietas, el riesgo de colapsos parciales o totales aumenta, por lo que es necesario controlar el ensanchamiento de las fisuras para evitar dichos colapsos. Como ejemplo tenemos el caso del *acllawasi* de Pachacamac, que fue dañado acumulativamente por los sismos ocurridos desde su construcción, alrededor del siglo xv, hasta el terremoto de 1940.

El arqueólogo J. C. Tello intervino el monumento desde 1941 hasta el 1945. Realizó un completamiento de los edificios valiéndose de los vestigios encontrados, que eran estructuras ruinosas asociadas a las partes inferiores de las construcciones incaicas. Sin embargo, al haber utilizado el mismo material constructivo (tierra) con igual técnica, los terremotos de los años 1966, 1970, 1974 y 2007 volvieron a fisurar y producir colapsos parciales en los muros reconstruidos.

Esto demuestra que para evitar el ciclo daño-reconstrucción-daño son necesarias soluciones tecnológicas nuevas, ya sea poniendo en práctica criterios de diseño basados en la resistencia o estabilidad o, mejor aún, aplicando criterios basados en el desempeño.

En el año 2005, se realizó un convenio entre el Getty Conservation Institute y la Pontificia Universidad Católica del Perú para investigar la reparación de fisuras mediante la utilización de suelo tamizado con alto contenido de humedad para lograr penetrabilidad.



Sitio arqueológico Molle, Cieneguilla, Lima. Proyecto de tramo Xauxa-Pachacamac
(Foto: Archivo Qhapaq Ñan)



Esta técnica elimina la discontinuidad de los muros creada por las fisuras, lo cual constituye un proceso de reparación de muros históricos muy aceptable dentro de los criterios basados en la resistencia.

Las fisuras muy anchas (mayores a 1 cm) pueden ser reparadas con suelo arcilloso equilibrado con arena gruesa, embutido por medios mecánicos. En cambio, las fisuras menores requieren eliminar las partículas grandes hasta el límite que permita la formación del esqueleto granular que conforman los dos componentes mencionados.

Se requiere tamizar suelos, pero solo hasta la malla número 30 (ASTM E11), pues mallas más finas impiden la formación de la resistencia seca. Asimismo, se requiere aumentar el contenido de humedad del material que se inyecta en las fisuras (*grout*) para convertirlo en un barro más diluido, que logre penetrabilidad. En los ensayos, se llegó a lograr grouts de hasta 50% de contenido de humedad; sin embargo, se fijó el límite de 30% para asegurar que durante el secado no se fisure la pasta.

El proceso de inyección de *grouts* semilíquidos requiere sellar las fisuras de los muros por ambos lados con yeso o silicona, realizado por capas de 50 cm de altura. Inicialmente, a través de boquillas que atraviesan los sellos, se inyecta agua desde la parte alta de cada capa hasta que el agua discurra por la parte inferior. Finalmente, se inyecta el *grout* desde las boquillas inferiores hasta que emerja por las superiores de cada capa.

Esta técnica de eliminación de fisuras por inyección de barro líquido puede aplicarse a muros relativamente delgados, pero la dificultad aumenta conforme sean muros más anchos.

1.7. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL E INVESTIGACIÓN DE REFUERZOS SÍSMICOS

Ing. Julio Vargas Neumann

En el diseño estructural, existen tres criterios: los basados en la resistencia, en la estabilidad y en el desempeño o comportamiento sísmico.

El primero demanda mayores espesores o mayor cantidad de muros, el segundo implica centros de gravedad más bajos y defensa frente al volteo debido a las fuerzas horizontales de los sismos, y el tercero requiere colocación de refuerzos para impedir la separación postagrietamiento de las partes en las que se ha dividido los muros para así evitar el colapso.

Los dos primeros criterios pueden ser complementarios pero no suficientes para evitar los colapsos, mientras el tercero sí puede hacerlo, sin perjuicio de que pueda complementariamente utilizar los conceptos de los dos primeros.

Caral utilizó en su desarrollo constructivo el método de prueba y error, un procedimiento de investigación científica utilizado hasta nuestros días que le permitió vencer el mencionado ciclo de reconstrucción-daño-reconstrucción.

Inicialmente, sus muros de piedra asentada con mortero de tierra no soportaban los empujes de los rellenos durante los sismos. Entonces probaron a disminuir el peso del relleno aumentando el número de vacíos, y para ello eliminaron la tierra y uniformaron el tamaño de las piedras angulosas.



Síto arqueológico Caral, Valle Supe, Lima
(Foto: Julio Vargas Neumann)



Finalmente descubrieron las *shicras*: bolsas que rellenaban con piedras, y de esa manera contrarrestaban el empuje lateral entre bolsa y bolsa que conformaba el núcleo de las pirámides; es decir, controlaban el desplazamiento de las piedras para que permanezcan los núcleos estables.

Así, cuando ocurría un terremoto, los núcleos permanecían y las fachadas de las plataformas colapsaban parcialmente, pero esto significaba una pérdida de menos del 4% del volumen de la construcción.

Este control de desplazamiento de las piedras permite que las *shicras* actúen como un refuerzo estructural; es decir, aplicaron un concepto de desempeño hace 5000 años que hasta ahora se creía moderno, pues se utiliza en las nuevas técnicas de construcción de todos los materiales constructivos.

El criterio de construir pirámides con núcleos estables se puso en práctica en otras culturas del Estado andino. Así, se ha descubierto que en Chavín de Huántar, sin utilizar refuerzos, crearon pirámides con núcleos más estables que las fachadas constituidas con piedras de más de un metro de espesor. Otras culturas en la costa norte peruana dejaron de utilizar fachadas, y solo crearon núcleos estables en sus pirámides (culturas Mochica y Chimú, entre otras).

En los últimos cincuenta años, se fue comprendiendo la obligatoriedad de que las construcciones con tierra utilicen refuerzos y se conviertan en construcciones de tierra reforzada. De esta manera, en los laboratorios se han desarrollado exitosamente sistemas de refuerzos con mallas de caña interna y externa, empleando materiales industriales como la geomallas y las sogas sintéticas enlucidas con barro.

Debido a la dificultad para conseguir los rollos de mallas polímeras, este sistema de refuerzo con driza utiliza materiales accesibles hasta en las más pequeñas ferreterías a nivel nacional.

También se desarrollaron sistemas con soluciones a base de cemento (como las mallas de alambre electrosoldado embutido en enlucidos de cemento y arena o elementos de concreto armado), que si bien mejoraban la resistencia de las obras reforzadas, ocasionaban que se produzcan fallas súbitas que ponían en riesgo la vida, por lo cual fueron desestimadas.

El refuerzo de las obras debe realizarse con materiales compatibles con la tierra, es decir, que durante la ocurrencia de un terremoto acompañen sin perjudicar el material original de la construcción.

Así por ejemplo, las construcciones rurales del pueblo de Orduña, que fue epicentro del sismo del 1 de diciembre de 2016, de magnitud 6,3 y solo a 30 km de profundidad, que fueron reforzadas con el sistema de drizas o sogas sintéticas, resistieron correctamente el movimiento sísmico, a diferencia del resto del pueblos, la mayoría de cuyas construcciones colapsaron.





1.8. HISTORIA Y DESCRIPCIÓN DE LA NORMA

NORMA E-080, CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA

Ing. Julio Vargas Neumann

A raíz del terremoto de Huaraz ocurrido en 1970, donde fallecieron cerca de 70.000 pobladores que vivían en construcciones de tierra, se originó una reacción, en los ámbitos del Gobierno central, universidades y entre profesionales y técnicos constructores, que tenía por objetivo evitar que se repita la tragedia.

Luego de la etapa de emergencia y recuperación, se empezó a realizar tareas de mitigación, así como investigaciones que condujeron a un mayor conocimiento para proveer seguridad en las construcciones de tierra.

Es así como en el año 1977 se aprobó la primera norma sismo-resistente del Perú, que incluía un capítulo para las construcciones de adobe. Ocho años más tarde, los estudios e investigaciones llevadas a cabo en la academia permitieron acumular experiencia y conocimiento para modificar la norma existente en el año 1985. Esta norma convirtió al Perú en un país líder en cuanto a la normatividad en construcciones con tierra.

A base de su información, se elaboró documentos internacionales que introducían los reforzamientos indicados en la norma peruana (IAEE 1986 y CYTED 2000). También países como la India (1993), Nepal (1994) y Marruecos (2004), entre otros, tomaron como referencia conceptos y criterios de refuerzo basados en dicha norma.

En el año 1999, se aprobó la tercera norma peruana, que incorporó nuevos criterios de refuerzo, como la obligatoriedad de utilizar una viga collar superior a los muros.



Camino Nieve Nieve, Huarochiri, Lima. Tramo Xauxa-Pachacamac
(Foto: Deisy Dextre Palomino)



Además, aparte de considerar como refuerzos materiales flexibles, se incluyó refuerzos rígidos derivados del cemento.

El terremoto de 2007 motivó la creación de una adenda a la norma de 1999 para incluir el uso de las geomallas como refuerzo de los muros, mientras la nueva norma de 2017 especifica la obligatoriedad de reforzar todas las construcciones con tierra para evitar colapsos súbitos que pongan en peligro la vida de sus ocupantes, lo que incluye el refuerzo con drizas sintéticas y más bien deja de lado los refuerzos rígidos. Adicionalmente incorpora el tapial, ya que se trata de una técnica constructiva muy utilizada en el país.

Asimismo, por primera vez en las normas de estructuras se incluye un capítulo con recomendaciones para las edificaciones con valor patrimonial que indican la importancia de utilizar refuerzos con consideraciones de mínima intervención, compatibilidad con el material original y reversibilidad para dar lugar a mejores opciones futuras.





2

LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

CENTRO TIERRA

2.1

EJERCICIO PRÁCTICO



EJERCICIO PRÁCTICO

[BASADO EN TEST CARAZAS]



Este ejercicio permite reflexionar sobre dos factores:

- el contenido de agua y
- el grado de compactación de la tierra.

El ejercicio se desarrolla a partir de una cuadrícula de 4x3, donde los dos ejes principales indican la variación de la compactación y la variación del porcentaje de agua de una misma muestra de tierra, lo que facilita la comparación.

En el eje de la compactación, se puede apreciar la variación de volumen de la tierra según esté simplemente colocada, moldeada con las manos o compactada por medio de un pisón.

Estas variaciones en la cuadrícula se cruzan con la variaciones del porcentaje de agua del segundo eje, donde se puede apreciar el material en su estado seco, húmedo, plástico y viscoso.

La cuadrícula así realizada nos proporciona informaciones sobre un tipo de tierra o mezcla en relación con su trabajabilidad y grado de cohesión entre partículas, además de otros aspectos.

Se puede realizar este ejercicio añadiendo a la tierra aditivos naturales, como la arena gruesa y la paja.

2.2

PRUEBAS DE CAMPO



2.2.1. PRUEBA DEL PORCENTAJE ADECUADO DE PARTÍCULAS DE ARCILLA E INERTES

Esta prueba brinda información sobre la proporción entre arcilla e inertes (arena gruesa, arena fina y limo) con una humedad comprendida entre el límite líquido y plástico del suelo extraído de una cantera. El ensayo de esta prueba, aunque no es muy precisa, se realiza en poco tiempo; por esto se considera como una prueba preliminar a las que necesitan un tiempo de secado de dos días.

Para su realización, se humedece y amasa la tierra a investigar formando un cilindro de 20cm de largo y 2cm de diámetro aproximadamente. El ensayo se realiza haciendo deslizar el cilindro lentamente sobre el borde de una superficie plana, de manera que vaya quedando con el extremo colgando, hasta que se rompa.

Una vez llevado a cabo el ensayo, se procede a la medición de la parte que se ha roto, con los siguientes resultados:

- Si la parte mide menos de 5cm, la tierra contiene demasiada arena.
- Si mide entre 5 y 15cm, la tierra contiene un adecuado porcentaje de arcilla.
- Si mide más de 20cm, la tierra contiene demasiada arcilla.



1. MUESTRA DE TIERRA CERNIDA



2. HUMEDECIMIENTO DE LA TIERRA



3. PREPARACIÓN



7. ENSAYO



8. ENSAYO



9. ENSAYO



11. REGISTRO DE DATOS



12. RESULTADOS DE ENSAYO



13. FICHAS



4. MEDICIÓN (20CM)



6. MUESTRAS +++PARA EL ENSAYO



10. MEDICIÓN



10. MEDICIÓN

Durante el curso taller se ensayaron distintos tipos de tierra provenientes de las huacas San Borja, Mateo Salado, Nieve Nieve y Huaycán de Cieneguilla. La mayoría de las tierras resultaron tener una buena proporción entre partículas de arcilla e inertes. La prueba propuesta se puede considerar como preliminar para la elección de la cantera, que necesita de dos pruebas posteriores (resistencia seca y control de fisuras) para establecer si la cantera que se está investigando es apta para construir.

(Fotos tomadas durante el 1º Curso Taller de Conservación del Patrimonio Edificado Qhapaq Ñan)

REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

🕒 TIEMPO DE REALIZACIÓN: 10-15 min.

🕒 ENSAYO: inmediato

🔧 MATERIALES NECESARIOS:

- Tierra
- Agua

🔧 HERRAMIENTAS:

- Cernidor
- Recipiente
- Regla o huincha
- Mesa o superficie plana

▶ PASOS A SEGUIR:

1. Cernir la tierra
2. Humedecerla y amasarla
3. Formar un cilindro de 2 cm de diámetro y 20 cm de largo aproximadamente
4. Realizar la prueba sobre una superficie plana
5. Medir la longitud de la parte rota

🔧 ENSAYO:



GRUPO 3
HUACA SAN BORJA



GRUPO 5
AYMPATE 2



GRUPO 5
A

V de CEN.



2.2.2. PRUEBA DE PRESENCIA DE ARCILLA/RESISTENCIA SECA

Esta prueba sirve para averiguar si el contenido de arcilla en el suelo es suficiente.

La prueba ha sido comprobada por ensayos en el laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú y respaldada por estudios de universidades de otros países.

Desde mayo 2017, es una prueba obligatoria según la norma E.080.

Para realizar la prueba se humedece la tierra que se quiere utilizar y se forman cuatro bolitas de 2cm de diámetro; la superficie debe ser bien lisa. Se dejan secar las bolitas durante 48 horas bajo techo.

Luego, a modo de ensayo, se aplican dos fuerzas diametralmente opuestas con el dedo pulgar y el dedo índice de la mano más fuerte. Un trabajador es capaz de ejercer en promedio una fuerza de 13 kg con la mano más fuerte.

Ninguna de las cuatro bolitas se debe romper, agrietar o quebrar; si eso pasa, NO se puede usar este suelo como se encuentra porque le falta arcilla.





1. MUESTRAS DE TIERRA



2. MOLER SI ES NECESARIO



3. CERNIR CON UNA MALLA



7. AMASADO



8. PREPARACIÓN



9. PREPARACIÓN



12. SECADO DE LAS MUESTRAS

Después de 48 horas de secado bajo techo se procede con el ensayo de las muestras.



13. ENSAYO



5. TIERRA CERNIDA



6. HUMEDECIMIENTO



10. MEDICIÓN DEL DIÁMETRO



11. MEDICIÓN DEL DIÁMETRO



14. REGISTRO DE DATOS

REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

🕒 TIEMPO DE REALIZACIÓN: 10-15 min.

🕒 ENSAYO: después de 48 horas

🔧 MATERIALES NECESARIOS:

- Tierra
- Agua

🔧 HERRAMIENTAS [OPCIONALES]:

- Cernidor
- Recipientes

▶ PASOS A SEGUIR:

1. Cernir la tierra
2. Humedecer y amasar la tierra
3. Formar 4 bolitas de 2 cm de diámetro
4. Dejar secar 48 horas bajo techo
5. Ensayar las bolitas

🔪 ENSAYO:



Ninguna de las bolitas debe romperse.

(Fotos tomadas durante el 1º Curso Taller de Conservación del Patrimonio Edificado Qhapaq Ñan)



1T



1T $\frac{1}{4}\Delta$



1T

2.2.3. PRUEBA DE CONTROL DE FISURAS

Esta prueba permite averiguar la proporción correcta en la mezcla entre arcilla y arena gruesa, y su contenido de humedad con el fin de eliminar el problema de agrietamiento durante el secado.

Para realizar la prueba se fabrican cuatro o más emparedados. Cada emparedado está compuesto por dos adobes o piedras lajas unidos por un mortero de prueba. Se preparan los correspondientes morteros de prueba con diferentes proporciones (en volumen) entre tierra y arena gruesa, añadiendo agua para amasar.

Por ejemplo:

- M1 = solo tierra, como punto de partida
- M2 = 1 volumen de tierra + 1/2 volumen de arena gruesa
- M3 = 1 volumen de tierra + 1 volumen de arena gruesa y seguir hasta llegar a la proporción 1:3.

El ensayo se realiza después de 48 horas de secado bajo techo, abriendo cuidadosamente las muestras. Las que tienen menos arena probablemente tendrán fisuras.

Se escoge como receta de la mezcla el primer mortero que no presente grietas visibles. Esta mezcla sirve para hacer adobes y mortero.





1. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA (VOLUMEN)



2. MEZCLADO



3. HUMEDECIMIENTO



6. COLOCACIÓN DE LA MEZCLA



7. COLOCACIÓN DE LA MEZCLA



8. ARMADO DE LA MUESTRA



10. MUESTRAS REALIZADAS

Las muestras se dejan secar por 48 horas bajo techo y luego se realiza el ensayo.



11. APERTURA DE LA MUESTRA



4. AMASADO



5. HUMEDECIMIENTO DE ADOBE O PIEDRA



9. PENSADO DE LA MUESTRA

Se repite hasta realizar todas las mezclas que se quieren ensayar. En el curso taller se realizaron cuatro mezclas:

1. solo tierra
2. 1 volumen de tierra y 1/4 de arena gruesa
3. 1 volumen de tierra + 1/2 de arena gruesa
4. 1 volumen de tierra + 1 de arena gruesa



12. MUESTRAS REALIZADAS



13. REGISTRO DE DATOS

(Fotos tomadas durante el 1º Curso Taller de Conservación del Patrimonio Edificado Qhapaq Ñan)

REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

🕒 TIEMPO DE REALIZACIÓN: 120 min.

🕒 ENSAYO: despues de 48 horas

🔧 MATERIALES NECESARIOS:

- Tierra
- Arena gruesa
- Agua
- Piedras o adobes

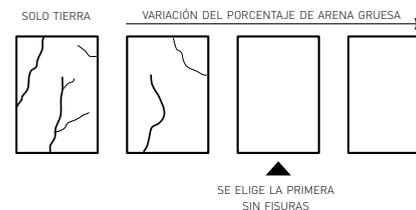
🔧 HERRAMIENTAS:

- Cernidor
- Recipientes
- Medidor de volumen

▶ PASOS A SEGUIR:

1. Preparar la mezcla según proporción
2. Fabricar las muestras
3. Repetir para cada mezcla los puntos 1 y 2
4. Dejar secar por 48 horas
5. Abrir las muestras
6. Eligir la primera mezcla que no presente fisuras

✂️ ENSAYO:



INTEGRANTES:

Se escribe los nombres de los integrantes del grupo que realiza esta prueba de campo.

SECUENCIA FOTOGRÁFICA:

Se explica mediante una secuencia fotográfica la realización de la prueba.

ANOTACIONES:

Área para realizar observaciones sobre la prueba, como por ejemplo la cantera de procedencia de la tierra y los resultados del ensayo.

PASOS A SEGUIR:

Aquí se explica paso por paso el proceso a seguir para la realización de esta prueba.

PRUEBAS DE CAMPO

PRUEBA DE CONTROL DE FISURAS

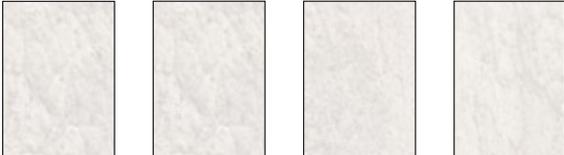
**Prototipo de ficha didáctica

PROPORCIÓN ENTRE ARCILLA Y ARENA GRUESA



REGISTRO DE FISURAS (DESPUÉS DE 48 HORAS)

A CONTINUACIÓN SE DIBUJARÁN DE MANERA ESQUEMÁTICA LAS FISURAS QUE PRESENTAN LAS MUESTRAS A LA HORA DE ABRIRLAS.



NOTAS

dos bolitas se agrietaron en el proceso de ensayo

GRUPO #

nombre de los integrantes del grupo

PROPORCIONES DE LA MEZCLA

SUELO	ARENA GRUESA

TIPO:

PASOS A SEGUIR

* Esta prueba sirve para averiguar la proporción correcta en la mezcla entre arcilla y arena gruesa; de esta forma se minimiza el problema de agrietamiento durante el secado.

1. Se pueden comparar mezclas con varias proporciones para escoger la mejor, y se registra en una hoja las proporciones utilizadas.
2. Se fabricará de 3 a 4 muestras; cada una está compuesta por dos adobes existentes unidos por un mortero de prueba.
3. Se prepara los correspondientes morteros de prueba con diferentes proporciones (en volumen, utilizar siempre el mismo recipiente para medir) entre tierra y arena gruesa, añadiendo agua para amasar. Por ejemplo:
 - MORTERO 1: solo tierra
 - MORTERO 2: 1 volumen de tierra + 1/2 volumen de arena gruesa.
 - MORTERO 3: 1 volumen de tierra + 1 volumen de arena gruesa

* Continuar hasta llegar a la proporción 1:3.

4. Dejar secar 48 horas bajo techo; luego se abrirá cuidadosamente las muestras. Las que tienen menos arena probablemente tendrán fisuras.
5. Se escoge como receta de la mezcla el primer mortero que no presente grietas visibles.

3

ANEXOS

3.1

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E-080
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA

PUBLICADA EL 7 DE ABRIL DE 2017

**MINISTERIO DE VIVIENDA,
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

**NORMA E.080
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CON TIERRA REFORZADA**

**ANEXO - RESOLUCIÓN MINISTERIAL
Nº 121-2017-VIVIENDA**

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

**ANEXO - RESOLUCIÓN MINISTERIAL
Nº 121-2017-VIVIENDA**

(La Resolución Ministerial de la referencia se publicó en la edición del día jueves 5 de abril de 2017)

**NORMA E.080
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA**

ÍNDICE

**CAPÍTULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

Artículo 1.- Alcance.
Artículo 2.- Objeto.
Artículo 3.- Definiciones.

**CAPÍTULO II
CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA**

Artículo 4.- Consideraciones básicas.
Artículo 5.- Requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada.
Artículo 6.- Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada.
Artículo 7.- Sistema estructural para edificaciones de tierra reforzada.
Artículo 8.- Esfuerzo de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.
Artículo 9.- Esfuerzos admisibles.
Artículo 10.- Requisitos para las instalaciones eléctricas en edificaciones de tierra reforzada.
Artículo 11.- Requisitos para las instalaciones sanitarias en edificaciones de tierra reforzada.

**CAPÍTULO III
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TAPIAL REFORZADO**

Artículo 12.- Condiciones de la tierra a utilizar.
Artículo 13.- Unidades de tapial y encofrado.
Artículo 14.- Fabricación de la unidad de tapial.
Artículo 15.- Protección de las hiladas de tapial.
Artículo 16.- Reforzamiento.

**CAPÍTULO IV
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE ADOBE REFORZADO**

Artículo 17.- Condiciones de la tierra a utilizar.
Artículo 18.- Preparación del adobe.
Artículo 19.- Preparación del mortero.
Artículo 20.- Reforzamiento.

**CAPÍTULO V
OBRAS PATRIMONIALES DE TIERRA**

Artículo 21.- Consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

ANEXOS

ANEXO Nº 1 Prueba "Cinta de barro"
ANEXO Nº 2 Prueba "Presencia de arcilla o "Resistencia seca"
ANEXO Nº 3 Prueba "Contenido de humedad" para la construcción con tapial
ANEXO Nº 4 Prueba "Control de fisuras" o "Dosificación suelo-arena gruesa".
ANEXO Nº 5 Recomendaciones para las juntas de avance en la técnica del tapial reforzado.
ANEXO Nº 6 Recomendaciones para el ajuste de lazos verticales y horizontales para los refuerzos con mallas de sogas sintéticas.

4	NORMAS LEGALES	Viernes 7 de abril de 2017 / El Peruano
CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES		
Artículo 1.- Alcance		
1.1	La norma es de alcance nacional y su aplicación es obligatoria para la elaboración de materiales de construcción para edificaciones de tierra reforzada (adobe reforzado y tapial reforzado).	
1.2	La norma se refiere a las características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, al diseño sismorresistente para edificaciones de tierra reforzada, a los elementos estructurales fundamentales de las edificaciones de tierra reforzada así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente. Las edificaciones de tierra deben ser construcciones reforzadas para conseguir el comportamiento siguiente:	
a)	Durante sismos leves, las edificaciones de tierra reforzada pueden admitir la formación de fisuras en los muros.	
b)	Durante sismos moderados, las edificaciones de tierra reforzadas pueden admitir fisuras más importantes, sin embargo están controladas por refuerzos, sin producir daños a los ocupantes. La estructura debe ser reparable con costos razonables.	
c)	Durante la ocurrencia de sismos fuertes, se admite la posibilidad de daños estructurales más considerables, con fisuras y deformaciones permanentes, pero controladas por refuerzos. No deben ocurrir fallas frágiles y colapsos parciales o totales, que puedan significar consecuencias fatales para la vida de los ocupantes.	
Las definiciones de sismo leve, sismo moderado y sismo fuerte corresponden a lo indicado en el artículo 3 de la presente Norma.		
1.3.	La norma se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra reforzada, inspirada en el desarrollo de una cultura de prevención de desastres y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, confortables y de fácil difusión. Las estructuras existentes incluyen las obras patrimoniales de tierra.	
1.4	Los proyectos elaborados con alcances distintos a los considerados en la presente Norma, deben estar respaldados con un estudio técnico firmado por un ingeniero colegiado y habilitado.	
Artículo 2.- Objeto		
2.1	Establecer requisitos y criterios técnicos de diseño y construcción para edificaciones de tierra reforzada.	
2.2	Conferir seguridad sísmica a la construcción de edificaciones de tierra reforzada, mediante una filosofía de diseño que defina un comportamiento estructural adecuado.	
2.3	Conceder durabilidad a las edificaciones de tierra reforzada frente a los fenómenos naturales y antrópicos.	
2.4	Promover las características de la construcción de edificaciones de tierra reforzada, su accesibilidad, bajo costo, virtudes ecológicas y medio ambientales, bajo consumo energético aislamiento térmico y acústico, sus formas tradicionales y texturas rústicas.	
Artículo 3.- Definiciones		
Para efectos de la aplicación de la presente Norma se tiene en cuenta las definiciones siguientes:		
1.	Aditivos naturales. Materiales naturales como la paja y la arena gruesa, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido.	
2.	Adobe. Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.	
3.	Adobe (Técnica). Técnica de construcción que utiliza muros de albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro.	
4.	Altura libre de muro. Distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales.	
5.	Arcilla. Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0,002 mm).	
6.	Arena fina. Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede contribuir a lograr una mayor compactación del suelo, en ciertas circunstancias.	
7.	Arena gruesa. Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas y/o las mallas N° 30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio.	
8.	Arriostre. Componente que impide significativamente el libre desplazamiento del borde de muro, construyéndose un apoyo. El arriostre puede ser vertical (muro transversal o contrafuerte) u horizontal.	
9.	Colapso. Derrumbe súbito de muros o techos. Puede ser un derrumbe parcial o total.	

El Peruano / Viernes 7 de abril de 2017	NORMAS LEGALES	5
10.	Contrafuerte. Es un arriostre vertical construido con este único fin. De preferencia puede ser del mismo material o un material compatible (por ejemplo, piedra).	
11.	Densidad de muros. Cociente entre la suma de áreas transversales de los muros paralelos a cada eje principal de la planta de la construcción y el área total techada.	
12.	Dormido. Proceso de humedecimiento de la tierra ya zarandeada (cernida o tamizada para eliminar piedras y terrones), durante dos o más días, para activar la mayor cantidad de partículas de arcilla, antes de ser amasada con o sin paja para hacer adobes o morteros.	
13.	Edificación de Tierra Reforzada. Edificación compuesta de los siguientes componentes estructurales: cimentación (cimientado y sobrecimiento), muros, entrepisos y techos, arriostres (verticales y horizontales), refuerzos y conexiones. Cada uno de los componentes debe diseñarse cumpliendo lo desarrollado en la presente Norma, para evitar el colapso parcial o total de sus muros y techos, logrando el objetivo fundamental de conceder seguridad de vida a los ocupantes. Estas edificaciones pueden ser de adobe reforzado o tapial reforzado.	
14.	Esbeltez. Relación entre las dimensiones del muro y su máximo espesor. Hay dos tipos de esbeltez de muros: i) La esbeltez vertical (Av), que es la relación entre la altura libre del muro y su máximo espesor, y ii) La esbeltez horizontal (Ah), que es la relación entre el largo efectivo del muro y su espesor.	
15.	Extremo libre de muro. Es el borde vertical u horizontal no arriostreado de un muro.	
16.	Fisura o grieta estructural. Rajadura que se presenta en los muros de tierra producidas por cargas mayores a las que puede resistir el material, por gravedad, terremotos, accidentes u otros. Atraviesan los muros de lado a lado y pueden ser de espesores variables o invisibles al ojo humano. Grieta: Abertura mayor a un milímetro. Fisura: Abertura igual o menor de un milímetro.	
17.	Largo efectivo. Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.	
18.	Limo. Es un material componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos entre 0.002 mm y 0.08 mm.	
19.	Mazo o pisón. Dispositivo de madera utilizado en la técnica del tapial para compactar la tierra húmeda colocada entre los tableros (moldes o encofrados). Puede haber varios tipos de mazos: para los bordes, para el centro y para la superficie final de las capas. Su peso es de alrededor de 10 kgf.	
20.	Mortero. Material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, muclílagos de cactus, y otros comprobados).	
21.	Muro. Es un muro arriostreado cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos.	
22.	Prueba de campo. Ensayo realizado sin herramientas a pie de obra o en laboratorio, basados en conocimientos comprobados en laboratorio a través de métodos rigurosos, que permite tomar decisiones de selección de canteras y dosificaciones.	
23.	Prueba de laboratorio. Ensayo de laboratorio que permite conocer las características mecánicas de la tierra, para diseñar y tomar decisiones de ingeniería.	
24.	Refuerzos. Elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que sirven para controlar los desplazamientos de muros en caso de fisuras estructurales. Deben ser compatibles con el material tierra, es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo, incluso durante las vibraciones que producen los sismos.	
25.	Secado. Proceso de evaporación del agua que existe en la tierra húmeda. El proceso debe controlarse para producir una evaporación muy lenta del agua, mientras la arcilla y barro se contraen y adquieren resistencia. Si la contracción es muy rápida, se producen fisuras.	
26.	Sismo fuerte. Igual o mayor a la intensidad VII de la Escala de Mercalli Modificada.	
27.	Sismo leve. Igual o menor a intensidad III de la Escala de Mercalli Modificada.	
28.	Sismo moderado. Entre las intensidades IV y VI de la Escala de Mercalli Modificada.	
29.	Tableros para tapial. Encofrados móviles normalmente de madera que se colocan paralelos y sujetos entre sí para resistir las fuerzas laterales propias de la compactación de la tierra.	
30.	Tapial (Técnica). Técnica de construcción que utiliza tierra húmeda vertida en moldes (tableros) firmes, para ser compactada por capas utilizando mazos o piones de madera.	
31.	Técnica mixta. Utiliza además de la tierra uno o más materiales de construcción.	
32.	Tierra. Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa.	
33.	Viga collar. Componente estructural de uso obligatorio, que generalmente conectan a los entrepisos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal.	
CAPÍTULO II CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA		
Artículo 4.- Consideraciones básicas		
4.1	Las edificaciones de tierra reforzada no deben ubicarse en zonas de alto riesgo de desastre, especialmente con peligros tales como: inundaciones, avalanchas, aluviones y huaycos. No se debe construir en suelos con inestabilidad geológica.	
4.2	Las edificaciones de tierra reforzada deben ser de un piso en las zonas sísmicas 4 y 3, y hasta de dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1, según los distritos y provincias establecidos en el Anexo N° 1 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente sobre Zonificaciones Sísmicas, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA.	

Figura 1. Mapa de Zonificación Sísmica, según Norma E.030 Diseño Sismorresistente



Ver distritos y provincias que conforman cada zona sísmica en el Anexo N° 1 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente sobre Zonificaciones Sísmicas.

- 4.3 Las edificaciones de tierra reforzada deben cimentarse sobre suelos firmes y medianamente firmes de acuerdo con la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. No se cimenta sobre suelos granulares sueltos, cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Se prohíbe la cimentación en suelos de arenas sueltas que pueden saturarse de agua (riesgo de licuefacción de suelos).
- 4.4 El proyecto arquitectónico, eléctrico y sanitario de edificaciones de tierra reforzada debe concordarse con el proyecto estructural, cuyas características se señalan en la presente Norma.
- 4.5 El diseño estructural de las edificaciones de tierra reforzada deben estar basados en los siguientes criterios: resistencia, estabilidad y comportamiento sismorresistente (refuerzos compatibles) y es respaldado por el profesional responsable.
- 4.6 Los métodos de análisis deben estar basados en comportamientos elásticos del material, sin perjuicio que se puedan utilizar criterios de comportamiento inelástico.
- 4.7 Los métodos para obtener la aprobación de nuevas técnicas mixtas relacionadas con el material tierra, deben estar basados en estudios que demuestren su adecuado comportamiento sísmico en el estado de servicio y en el estado último, sin producir fallas frágiles o colapsos súbitos y en concordancia con la filosofía de diseño. Para su aprobación se pueden utilizar las siguientes alternativas:
- Verificación experimental de comportamiento sísmico mediante ensayos cíclicos, pseudo-dinámicos o dinámicos que incluyan claramente el rango de comportamiento último.
 - Diseño racional basado en principios de ingeniería aceptados, bajo responsabilidad del profesional.
 - Historia de servicio y comportamiento adecuado en sismos severos.

Artículo 5.- Requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada

- 5.1 **Tierra:** Debe verificarse que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla mediante las pruebas indicadas en los Anexos N°s. 1 y 2 de la presente Norma. Asimismo, que se encuentre libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica. Su resistencia debe cumplir lo indicado en:
- Artículo 8, inciso 8.1 o 8.2 (para tapial).
 - Artículo 8, inciso 8.1 o 8.2 y 8.3 (para adobe).
- 5.2 **Agua:** Debe cumplir las características siguientes:

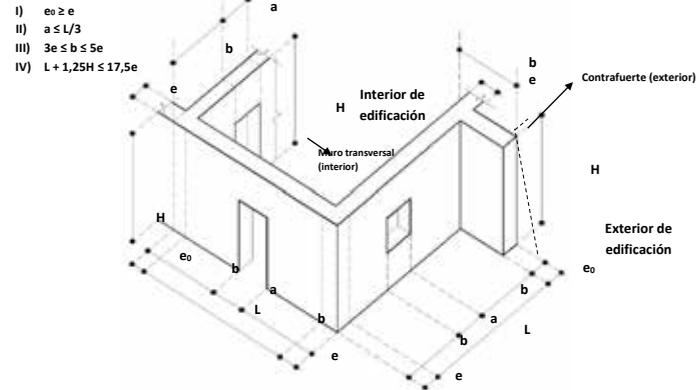
- Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.
- El agua de mar sólo puede emplearse si se cuenta con la autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión.

Artículo 6.- Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada

Las edificaciones de tierra reforzada, deben cumplir con los siguientes criterios de configuración:

- Muros anchos para su mayor resistencia y estabilidad frente al volteo. El espesor mínimo del muro es de 0.40 m. Solo para el tipo de muro indicado en el Esquema 3 de la Figura 4, puede utilizarse un espesor mínimo de 0.38 m según se muestra en el aparejo correspondiente.
- Los muros deben tener arriostres horizontales (entrepisos y techos) así como arriostres verticales (contrafuerte o muros transversales) según la Figura 2.
- La densidad de muros en la dirección de los ejes principales debe tener el valor mínimo indicado en la Tabla 2 - Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación. De ser posible, todos los muros deben ser portantes y arriostros.
- Tener una planta simétrica respecto a los ejes principales.
- El espesor (e), densidad y altura libre de muros (H), la distancia entre arriostres verticales (L), el ancho de los vanos (a), así como los materiales y la técnica constructiva para la construcción de una edificación de tierra reforzada, deben ser aplicados de manera continua y homogénea. La Figura 2 establece los límites geométricos a ser cumplidos.
- Los vanos deben tener las proporciones y ubicación de acuerdo a lo indicado en la Figura 2. Así mismo, se recomienda que sean pequeños y centrados.

Figura 2. Límites Geométricos de muros y vanos



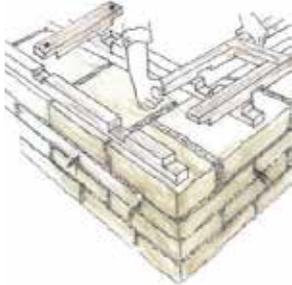
Nota 1: Cada arrioste vertical (contrafuerte o muro transversal) puede construirse hacia el interior o hacia el exterior de la edificación, según el criterio del proyectista.

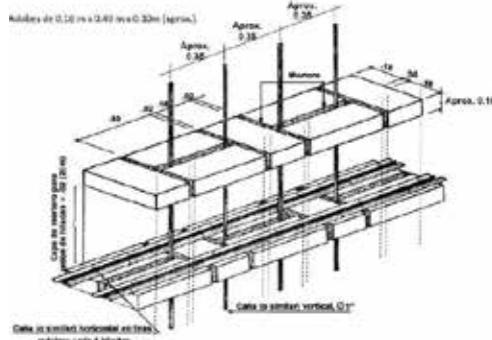
Nota 2: La expresión IV relaciona la esbeltez vertical ($y_v = H/e$) con la esbeltez horizontal ($A_h = L/e$), de modo que se debe cumplir la expresión: $A_h + 1,25 A_v \leq 17,5$.

Nota 3: Los muros en general deben tener una esbeltez vertical (AV) igual o menor a 6 veces el espesor del muro y una esbeltez horizontal (AH) igual o menor a 10 veces el espesor del muro. La esbeltez vertical puede llegar a un máximo 8, si se cumple la Nota 2.

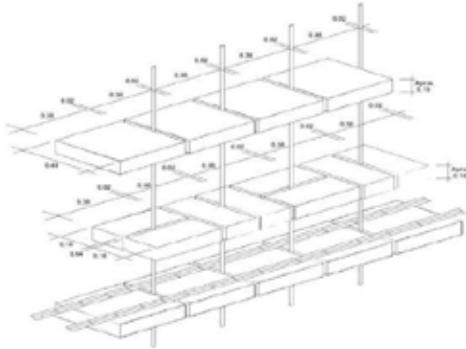
Nota 4: El contrafuerte puede ser recto o trapezoidal. En caso tenga forma trapezoidal, ver línea segmentada en contrafuerte (exterior) su base o parte inferior debe medir "b" y la parte superior (que sobresale del muro) debe medir como mínimo "b/3".

- 6.7 Tener como mínimo una viga collar en la parte superior de cada muro fijada entre sí, así como a los refuerzos, y construidos con un material compatible con la tierra reforzada (madera, caña u otros).

8	NORMAS LEGALES	Viernes 7 de abril de 2017 / El Peruano
Figura 3. Ejemplo esquemático de un tipo de Viga Collar		
		
6.8	<p>Cálculo de las fuerzas sísmicas horizontales</p> <p>La fuerza sísmica horizontal en la base de las edificaciones de tierra reforzada se determina mediante la siguiente expresión:</p> <p>H=S.U.C.P</p> <p>Donde:</p> <p>S = Factor de suelo según lo indicado en la Tabla N° 1.</p> <p>U = Factor de uso según lo indicado en la Tabla N° 2.</p> <p>C = Coeficiente sísmico según lo indicado en la Tabla N° 3.</p> <p>P = Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50 % de la carga viva.</p>	
Tabla N° 1 Factor de suelo (S)		
Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg./cm ²	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg./cm ²	1,4
Tabla N° 2 Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación		
Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1,2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%
Tabla N° 3 Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada		
Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)	
4	0,25	
3	0,20	
2	0,15	
1	0,10	

El Peruano /	Viernes 7 de abril de 2017	NORMAS LEGALES	9
6.9	Se debe evitar el deterioro de las edificaciones de tierra reforzada, causadas por el viento, la lluvia y la humedad, protegiéndolas a través de:		
	<p>a) Cimientos y sobrecimientos que eviten el humedecimiento del muro.</p> <p>b) Recubrimientos, revestimientos o enlucidos que los protejan de la lluvia, humedad y viento, y que permitan la evaporación de la humedad del muro.</p> <p>c) Aleros en el techo que protejan el muro de cualquier contacto con la lluvia. En las zonas bioclimáticas: N°3 Interandino, N°4 Mesoandino, N°5 Altoandino, N°6 Nevado, N°7 Ceja de montaña, N°8 Subtropical húmedo, N°9 Tropical húmedo, indicadas en la Norma EM.110 Confort Térmico Luminico con Eficiencia Energética, se usan aleros no menores de 1 metro de voladizo, adecuadamente anclados y con peso suficiente para no ser levantados por el viento.</p> <p>d) Veredas perimetrales con pendiente hacia el exterior de la edificación y que permitan la evacuación y evaporación del agua.</p> <p>e) Sistemas de drenaje adecuado (material granular suelto tipo piedras y gravas, con pendiente y colector inferior, evacuador de agua).</p> <p>f) En patios interiores, terrazas y otros espacios abiertos se asegura la evacuación y evaporación del agua o humedad depositada en el suelo o piso.</p>		
6.10	Para los refuerzos se debe tener en cuenta las consideraciones siguientes:		
	<p>a) Los muros y contrafuertes de las edificaciones de tierra reforzada deben tener refuerzos.</p> <p>b) En caso que los refuerzos sean externos a los muros o contrafuertes deben estar embutidos en el enlucido.</p> <p>c) No deben usarse refuerzos en una sola dirección, pues no logran controlar los desplazamientos y pueden sufrir colapsos parciales. Deben usarse refuerzos en dos direcciones (horizontales y verticales).</p> <p>d) En todos los casos, el refuerzo horizontal coincide con los niveles inferior y superior de los vanos.</p> <p>e) Los elementos que conforman los entresijos o techos de las edificaciones de tierra reforzada, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante una viga collar. El refuerzo debe fijarse desde la base del sobrecimiento a la viga collar.</p> <p>f) En caso se utilice refuerzos de tipo vegetal, geomallas, dinteles y/o mallas de sogas sintéticas, debe considerarse, según sea el caso, como mínimo lo siguiente:</p>		
	<p>i. Caña carrizo (hueca) o caña brava (sólida), completas, de 25 mm de diámetro aproximado como refuerzo vertical y chancadas tipo carrizo o guadua angustifolia (sin dañarias) como refuerzo horizontal.</p> <p>ii. Madera en rollos o aserrada con diámetros igual o mayores a 25 mm como refuerzo vertical externo y sogas naturales (cabuya o sisal) de mínimo 6 mm de diámetro como refuerzo horizontal externo.</p> <p>iii. Ramas trenzadas de fibra vegetal, en paquetes de diámetros de 25 mm como refuerzo vertical externo y ramas sueltas trenzadas o sogas como refuerzo horizontal externo, con diámetros mayores a 6 mm.</p> <p>iv. Sogas de cabuya, sisal o fibras naturales trenzadas formando mallas ortogonales externas, cumpliendo lo especificado en el inciso i, numeral 6.10 del artículo 6 del Capítulo II).</p> <p>v. Cualquier combinación racional de las anteriores.</p> <p>vi. Las conexiones de los elementos verticales y horizontales se realizan con cuerdas de nylon o sogas sintéticas, utilizando nudo llano (ver Anexo N°6, inciso 6.1: Nudos para refuerzos).</p>		
Figura 4: Esquemas de refuerzo con caña para adobe Esquema 1			
			
<p><i>Nota: Se recomienda colocar refuerzos de cañas (o similares) horizontales cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro (sea la edificación de 1 o 2 pisos), cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior. Como máximo, cada cuatro hiladas.</i></p>			

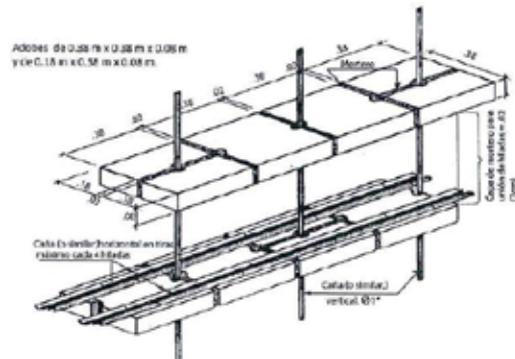
Esquema 2



Para Adobes de 0.38 m x 0.40 m x 0.10 m (aprox.) y de 0.18 m x 0.38 m x 0.10 m. (aprox.)

Nota: Colocar refuerzos de cañas (o similares) horizontales cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro (sea la edificación de 1 o 2 pisos), cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior. Como máximo, cada cuatro hiladas.

Esquema 3



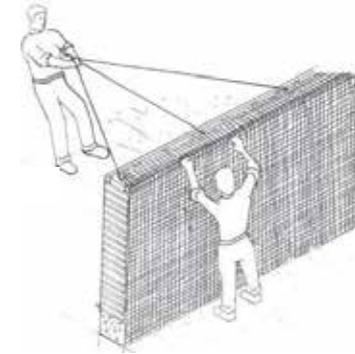
Nota: Colocar refuerzos de cañas (o similares) horizontales cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro (sea la edificación de 1 o 2 pisos), cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior. Como máximo, cada cuatro hiladas.

- g) En caso se utilice refuerzo de mallas sintéticas de nudos integrados (geomallas), el refuerzo debe ser externo y embutido en el enlucido. La geomalla, constituida por material sintético, debe reunir las características necesarias para ser usada como refuerzo de edificaciones de tierra, tales como:
- Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con o sin diagonales interiores, con abertura máxima de 50 mm. y nudos integrados.
 - Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m, (356.9 kgf/m) en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
 - Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en tierra.
 - Consideraciones de uso:
 - Los muros portantes y no portantes, incluyendo los vanos, deben envolverse con las geomallas, tensándolas uniformemente. Deben conectarse las geomallas de ambas caras de los muros con cuerdas sintéticas, con una separación máxima de 0.30 m.

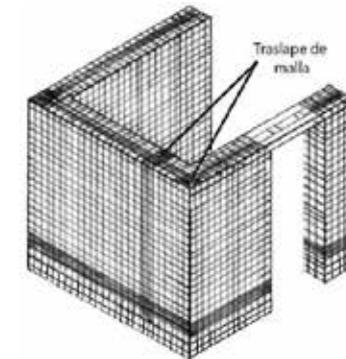
- La geomalla debe estar convenientemente anclada a la base del sobrecimiento y a la viga collar superior.
- El uso de otro tipo de mallas, sólo es permitido si acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural.

Figura 5: Esquema de colocación de refuerzo con geomalla

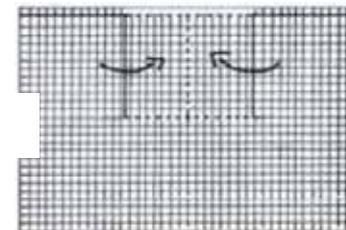
1. Colocación de mallas



2. Traslape de mallas.



3. Cortes de mallas en ventanas o puertas.



12	NORMAS LEGALES	Viernes 7 de abril de 2017 / El Peruano
	<p>h) En caso se utilice refuerzos de dinteles, se deben utilizar dinteles flexibles (por ejemplo, paquetes de caña o madera delgada en rollizos, amarradas por cordones o sogas) y amarrarlos a la viga collar.</p> <p>i) En caso se utilice refuerzos con mallas de sogas sintéticas (driza blanca o similar) se debe tener las consideraciones siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Utilizar diámetros de sogas sintéticas igual o mayores a 5/32" (3.97 mm), salvo las sogas para unir las mallas de ambas caras del muro, cuyo diámetro debe ser mínimo de 1/8" (3.17 mm). ii. Las mallas de refuerzo deben ser externas al muro y embutidas en el enlucido del mismo, lo que también sirve para la consolidación de construcciones existentes. iii. Las mallas deben conformarse mediante lazos verticales y horizontales que confinen (envuelvan) el muro. Los lazos de confinamiento vertical deben estar convenientemente anclados a la cimentación y a la viga collar superior. iv. Las mallas de cada cara del muro deben unirse en cada intersección de los lazos según lo indicado en el Anexo N°6, inciso 6.1: Nudos para refuerzos, o mediante un método similar comprobado. v. La separación entre las sogas horizontales debe ser menor a 0.40m en promedio para el tercio inferior a la altura del muro (sea la edificación de uno o dos pisos). Debe ser de 0.30m en promedio para el tercio central y de 0.20m en promedio para el tercio superior (sin coincidir con la junta horizontal). La separación entre las sogas verticales debe ser menor a 0.40m. vi. El refuerzo horizontal debe coincidir con los niveles inferior y superior de los vanos. 	
6.11	En caso se desee aplicar lineamientos técnicos diferentes a los indicados en el Capítulo II, artículo 6. Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada, se debe sustentar la propuesta mediante métodos racionales y/o experimentales.	
	<p>Artículo 7.- Sistema estructural para edificaciones de tierra reforzada</p> <p>El sistema estructural para las edificaciones de tierra debe comprender los componentes siguientes:</p> <p>7.1 Cimentación</p> <ol style="list-style-type: none"> a) El cimiento debe cumplir dos condiciones: <ol style="list-style-type: none"> i. Transmitir las cargas hasta un suelo firme de acuerdo a lo indicado por la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. ii. Evitar que la humedad ascienda hacia los muros de tierra. b) Cumpliendo las condiciones anteriormente mencionadas, todo cimiento debe tener una profundidad mínima de 0.60 m. (medida a partir del terreno natural) y un ancho mínimo de 0.60 m. c) Se puede utilizar los tipos de cimentación siguientes: <ol style="list-style-type: none"> i. Piedra grande tipo pirca compactada, acomodada con piedras pequeñas. ii. Concreto Ciclópeo. iii. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa. <p>7.2 Sobrecimiento</p> <ol style="list-style-type: none"> a) El sobrecimiento debe cumplir dos condiciones: <ol style="list-style-type: none"> i. Debe transmitir las cargas hasta el cimiento. ii. Debe proteger el muro ante la acción de la erosión y la ascensión capilar. b) Cumpliendo tales condiciones, todo sobrecimiento debe elevarse sobre el nivel del terreno no menos de 0.30 metros y tener un ancho mínimo de 0.40 metros. c) Se pueden utilizar los tipos de sobrecimiento siguientes: <ol style="list-style-type: none"> i. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa ii. Concreto ciclópeo 	

El Peruano / Viernes 7 de abril de 2017	NORMAS LEGALES	13
	<p style="text-align: center;">Figura 6. Esquema de cimentación</p>	
7.3	<p>Muros</p> <p>Los muros son los elementos más importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra reforzada. El diseño de los muros debe realizarse usando criterios basados en la resistencia, estabilidad y desempeño, complementariamente.</p> <p>Los timpanos deben ser del material similar al usado en los techos (madera, caña, fibra vegetal, entre otros) para que sean ligeros, más estables y fácilmente conectables con los techos.</p> <p>Es posible utilizar muros curvos o muros para plantas poligonales, lo cual podría significar formas de adobe especial; si se usan adobes cuadrados o rectangulares, las juntas verticales no deben exceder de 30 mm en su parte más ancha. En la técnica del tapial se puede utilizar moldes circulares.</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Todos los muros curvos deben ser igualmente reforzados como el caso de los muros rectos y deben tener viga collar superior curva o poligonal. b) Los muros con radios mayores a 3.00 m. se deben considerar como muros rectos para la colocación y distanciamiento de arriostres verticales, así como limitaciones de esbelteces, según lo indicado en la presente Norma. c) Para radios comprendidos entre 1.25 m y 3.00 m, deben existir muros transversales o arriostres verticales cada 12e del muro como máximo (es decir, doce veces el espesor del muro como máximo) y la esbeltez vertical (h/e) no debe ser mayor a 10. d) Los muros con radios menores a 1.25 m, no requieren limitaciones de arriostres verticales. <p>7.3.1 Criterios para el diseño de muros basado en la resistencia</p> <ol style="list-style-type: none"> a) El diseño de muros basado en la resistencia, debe considerar el área resistente de muros frente a la fuerza sísmica horizontal en su plano, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes: <ol style="list-style-type: none"> i. Las construcciones de tierra normalmente no tienen diafragmas horizontales rígidos a nivel de los techos y por tanto los desplazamientos de los muros paralelos son independientes. ii. Calculadas las áreas tributarias asociadas a cada muro, en cada nivel si es el caso, es posible calcular fuerzas horizontales de diseño. Estas no deben sobrepasar los esfuerzos resistentes admisibles de corte en ellos (Ver Capítulo II, artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio). iii. Para estos efectos, al área transversal del muro (largo por espesor), se puede añadir una fracción de los muros transversales o de arriostre, se trate de encuentros en "T" o en "L", en ambos extremos del muro. Esta área adicional no debe ser mayor al 20 % del área del muro. b) El diseño sísmico de muros en la dirección perpendicular a su plano. <ol style="list-style-type: none"> i. De acuerdo al número de apoyos de cada muro, que es función de los arriostres verticales, se calcula el esfuerzo de flexión del muro producido por fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano considerando 	

el comportamiento elástico del material tierra. Dichos esfuerzos no deben sobrepasar los esfuerzos admisibles a tracción por flexión (Ver Capítulo II, artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio).

- ii. La viga collar tiene como misión mantener conectados los muros entre sí durante un sismo, pero no debe considerarse como un apoyo para los muros salvo que exista un diafragma de entrepiso de madera o una estructura horizontal especial. Por tanto, en general los muros deben tener dos o tres apoyos, considerando también el piso.

7.3.2 Criterios para el diseño de muros basado en la estabilidad

El diseño de muros basado en la estabilidad, debe respetar los límites de grosor, esbeltez vertical y esbeltez horizontal, altura máxima, distancia entre arriostres verticales, aberturas, indicados en esta norma. Ver Figura 2.

7.3.3 Criterios para el diseño de muros basado en el desempeño

En el diseño de muros basado en el desempeño, debe colocarse refuerzos en las conexiones, viga collar superior, dinteles flexibles, refuerzos ortogonales en muros (Ver Capítulo II, artículo 6, inciso 6.10).

7.4 Entrepisos y techos

- a) Los techos deben ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros. Además, deben estar adecuadamente fijados a los muros a través de la viga solera.
- b) Deben estar contruidos mediante entramados de madera, caña o fibras vegetales, o tjeriales, o diseñados para resistir las cargas verticales y para transmitir las cargas horizontales (sismicas) a todos los muros, a través de las vigas collares superiores.
- c) Los tjeriales no deben crear empujes horizontales a los muros. Para evitarlo, debe utilizarse tensores horizontales inferiores.
- d) Se debe lograr que un techo plano actúe como un diafragma rígido añadiéndole elementos diagonales en el plano. Si el techo no es un diafragma rígido, no se le puede considerar apoyo superior de los muros, para el diseño de éstos.
- e) Los techos pueden ser inclinados (una o varias aguas).
- f) En el diseño de los techos se debe considerar las pendientes, las características de impermeabilidad, aislamiento térmico y longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.
- g) En el caso de utilizar tjeriales, el sistema estructural del techo debe garantizar la estabilidad lateral de los tjeriales.

7.5 Arriostres

Para que un muro se considere arriostreado debe existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre. Para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos, los elementos de arriostre deben ser horizontales y verticales.

a) Arriostres horizontales

- i. Son elementos o conjunto de elementos que deben poseer una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros.
- ii. Los elementos de arriostre horizontal más comunes son los pisos y entrepisos de madera con elementos diagonales, se deben diseñar como apoyos del muro arriostreado, considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a éste.
- iii. Se debe garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deben conformar un sistema continuo e integrado.

b) Arriostres verticales

Los arriostres verticales son muros transversales o contrafuertes especialmente diseñados, que deben tener una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir fuerzas cortantes a la cimentación. Para que un muro o contrafuerte se considere como arriostre vertical debe cumplir con lo indicado en la Figura 2.

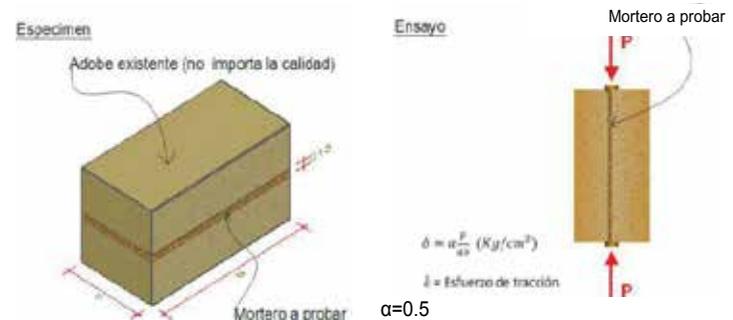
7.6 Refuerzos y conexiones

- a) La conexión entre el muro y la cimentación, debe realizarse uniendo las mallas de refuerzo de los muros al sobrecimiento.
- b) La conexión entre el muro y el techo, debe realizarse amarrando los muros y vigas collares con las mallas de refuerzo de los muros y luego clavando o amarrando las vigas collares a las vigas principales o tjeriales del techo.
- c) Los refuerzos deben cumplir lo indicado en el numeral 6.10 del artículo 6.

Artículo 8.- Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.

- 8.1 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente:
 - a) La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
 - b) La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $f_c = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$
 - c) Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
 - d) En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de 0.1 x 0.1 x 0.15 m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso.
- 8.2 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la tracción, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
 - a) La resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.
 - b) La resistencia última es de 0.08MPa = 0.81 kgf/cm².
 - c) Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
- 8.3 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del mortero a la tracción, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
 - a) La resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes unidos por mortero de barro con o sin aditivos naturales, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño.
 - b) La resistencia última es de 0.012 MPa = 0.12 kgf/cm².
 - c) Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

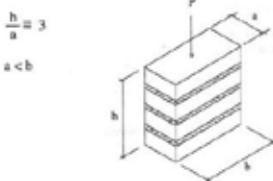
Figura 7. Ensayo de resistencia del mortero a la tracción



- 8.4 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del murete a la compresión, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
 - a) La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
 - b) El ensayo de compresión en muretes de adobe o tapial de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente).
 - c) Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

16 **NORMAS LEGALES** Viernes 7 de abril de 2017 / El Peruano

Figura 8. Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial



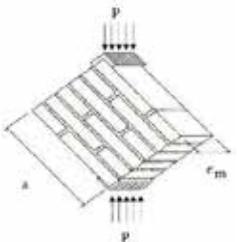
$$f_m = \text{Esfuerzo de compresión admisible del murete} = P / a \times b \quad f_m = 0,40 f'_m$$

Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento = $1,25 f_m$

8.5 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del murete a la tracción indirecta, se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia última es de 0.025 MPa = 0.25kgf/cm².
- El ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta de muretes de adobe o tapial de aproximadamente 0,65 m. x 0.65 m. x e_m .
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

Figura 9. Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta



$$f_i = \frac{P}{2ae_m}$$

Esfuerzo admisible de corte $v_m = 0,4 f_i$

8.6 La resistencia de muros a tracción por flexión, tiene una resistencia última¹ 0.14 MPa = 1.42 kgf/cm².

8.7 Mientras no se cuente con resultados de ensayos experimentales para el módulo de elasticidad de los muros de tierra, se usa el valor de 200 MPa = 2040 kgf/cm².

8.8 Para la resistencia de las cañas, se considera:

- Guadua: Resistencia última 100 MPa = 1020 kgf/cm².
- Carrizo o Caña Brava: Resistencia última 40 MPa = 408 kgf/cm².

8.9 Para la resistencia de las sogas sintéticas (drizas), la resistencia última es de 120 MPa = 1200 kgf/cm².

Se debe cumplir que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada. La resistencia se calcula como el cociente entre la fuerza de rotura del ensayo a tracción y el área transversal, considerando el diámetro nominal de la driza. El diámetro nominal es el nombre por el cual se define a la driza.

El valor indicado de la resistencia corresponde a las drizas de color blanco. Se pueden utilizar drizas de otros colores considerando dos drizas de colores para remplazar una driza blanca.

El coeficiente de seguridad de las drizas debe ser de 2.5 para considerar cargas admisibles.

Artículo 9.- Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos admisibles se deben calcular tomando un coeficiente de seguridad de 2.5 por variación de calidad en material, calidad de ejecución y evaluación de las cargas. En caso de no realizar los ensayos de laboratorio se considera un coeficiente de seguridad de 3.

¹ La resistencia última de muros a tracción por flexión no está normalizada para ensayos de laboratorio. Para diseño de muros de tierra a flexión se puede considerar el valor indicado.

El Peruano / Viernes 7 de abril de 2017 **NORMAS LEGALES** **17**

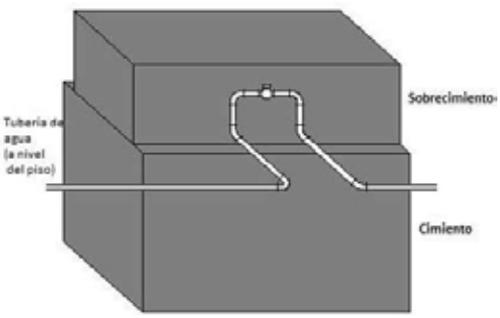
Artículo 10.- Requisitos para las instalaciones eléctricas en edificaciones de tierra reforzada

- En las instalaciones eléctricas al exterior de la edificación, como los postes de soporte en la vía o espacio público deben estar bien cimentados y ser rígidos.
- En las instalaciones eléctricas al interior de la edificación, se considera lo siguiente:
 - Los cables deben estar protegidos mediante fundas tipo tuberías o canaletas (de madera o material sintético no inflamable).
 - Las tuberías y/o canaletas de los cables no deben estar embutidos en la pared o enlucido. Sólo en los casos de trayectorias verticales en muros, la tubería o canaleta puede quedar a ras, semiembutida entre el enlucido final y la malla de refuerzo si fuera el caso, y ser fácilmente localizable, para evitar accidentes en futuros clavados externos (cuadros, perchas, etc.).
 - Las tuberías, canaletas u otro elemento de la instalación eléctrica no deben fijarse directamente a la pared de tierra sino a vigas o marcos de madera (por ejemplo, a través de clavos o pernos).
 - Los interruptores y los tomacorrientes deben ser exteriores o semiembutidos en los muros (entre el enlucido final y la malla de refuerzo, si fuera el caso), pero deben fijarse en marcos, zócalos o piezas de madera.

Artículo 11.- Requisitos para las instalaciones sanitarias en edificaciones de tierra reforzada

- Los ambientes que incluyen instalaciones sanitarias, deben tener pisos inclinados con rejilla colectora y desagüe hacia el exterior.
- El muro debe protegerse con zócalos, contra zócalos o similares revestimientos en las partes que puedan humedecerse por salpicar agua producto del uso normal.
- Las áreas húmedas de los servicios higiénicos, cocina y lavandería deben estar separadas y aisladas de los muros de tierra reforzada mediante paneles sanitarios (bastidores de madera, caña, ladrillo, piedra u otro material conveniente) enchapados adecuadamente (con tejas planas de madera, piso con baldosas, cortinas o forros impermeables, entre otros).
- No deben ubicar instalaciones sanitarias dentro de los muros de tierra. Los tramos horizontales pueden ir empotrados en el piso (primer nivel) o colgados del entrepiso. Los tramos verticales deben ir adosados y aislados del muro. En caso de montantes deben ir en ductos.
- Las válvulas deben instalarse en el sobrecimiento, si es necesario éste debe tener mayor altura como se indica en la Figura 10.

Figura 10: Esquema de la posición en la instalación de las válvulas



CAPÍTULO III
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TAPIAL REFORZADO

Artículo 12.- Condiciones de la tierra a utilizar

Se debe validar las características de la tierra a utilizar para construir con tapial, en el siguiente orden:

- Suficiente presencia de arcilla, mediante las pruebas indicadas en el Anexo N° 1: Prueba "Cinta de barro" y Anexo 2: Prueba "Presencia de Arcilla" o "Resistencia seca".
- Equilibrio de arcilla y arena gruesa, mediante la prueba indicada en el Anexo 4: Prueba de "Control de Fisuras" o "Dosisación con suelo-arena Gruesa".
- Máximo contenido de humedad, mediante la prueba indicada en el Anexo N° 3: Prueba "Contenido de humedad" para la construcción con tapial.

- 12.4 En los suelos arcillosos se debe usar paja de aproximadamente 50 mm de largo en proporción de 1 volumen de paja por 5 de tierra, lo que ayuda al control de fisuras y resistencia. Esta proporción debe ser verificada en el inicio de la obra para evitar el rebote del mazo durante la compactación.
- 12.5 Su resistencia debe cumplir lo indicado en el numeral 8.1 u 8.2 del artículo 8.

Artículo 13.- Unidades de tapial y encofrado

Las unidades de tapial deben tener las siguientes dimensiones: ancho mínimo: 0.40 m., altura máxima: 0.60 m, longitud máxima: 1.50 m y el espesor mínimo de la madera de encofrado debe ser de 20 mm, con refuerzos exteriores horizontales y verticales, para evitar deformaciones excesivas.

Artículo 14.- Fabricación de la unidad de tapial

Cada unidad de tapial se debe fabricar en capas de tierra de 0.15 m. de altura máxima, compactándolas hasta llegar a una altura de 0.10 m. aproximadamente (por cada capa), siguiendo el procedimiento siguiente:

- a) La compactación se realiza con un mazo de madera de alrededor de 10 kgf.
- b) Una vez finalizada la compactación de todas las capas que conforman la unidad de tapial, ésta se debe picar en la cara superior de la última capa (superficie endurecida) un máximo de 0.01 m (un centímetro) e inmediatamente se debe de humedecer la misma antes de empezar con el vertido de la primera capa de tierra de la siguiente unidad de tapial.
- c) Las juntas de avance de las unidades para conformar las hiladas deben realizarse inclinadas (pendiente cercana a 45° según lo indicado en el Anexo N° 5: Recomendaciones para las juntas de avance en la técnica del tapial reforzado).

Artículo 15.- Protección de las hiladas de tapial

Para proteger las hiladas de tapial, se toman las consideraciones siguientes:

- 15.1 Es necesario un secado lento para evitar la fisuración.
- 15.2 Se recomienda retirar los encofrados de cada hilada luego de siete días de haber finalizado todo el aponado (no menor a tres días).
- 15.3 Cubrir la hilada en trabajo y la hilada anterior con paños húmedos (yute o similares) al menos por siete días adicionales.
- 15.4 Las hiladas finalizadas, deben protegerse de la exposición directa a los rayos del sol y del viento (por ejemplo, mediante castillos temporales de esteras o mantas), para un secado lento, manteniendo la humedad y evitando el agrietamiento.
- 15.5 No se debe construir en época de lluvia.

Artículo 16.- Reforzamiento

Las edificaciones de Tapial reforzado deben cumplir con lo indicado en el artículo 6 de la presente Norma.

**CAPÍTULO IV
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE ADOBE REFORZADO**

Artículo 17.- Condiciones de la tierra a utilizar

- 17.1 Una vez comprobada la presencia de arcilla de un suelo mediante la prueba "Cinta de barro" (ver Anexo N°1) y la prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca" (ver Anexo N°2), es necesario equilibrarla u optimizarla para que se controlen o eviten las fisuras de secado y se mejore la resistencia seca. Su resistencia debe cumplir lo indicado en los numerales 8.1 o 8.2 y 8.3 del artículo 8.
- 17.2 Con el control de fisuras mediante la adición de paja, se controla el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado con paja o fibras similares.
- 17.3 En ausencia de paja, para el control del agrietamiento se debe utilizar arena gruesa. Para verificar la combinación de arcilla y arena gruesa se realiza la prueba indicada en el Anexo N° 4: Prueba de "Control de fisuras" o "Dosificación suelo-arena gruesa".
- 17.4 Es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado. En general, debe utilizarse la menor cantidad de agua que logre activar la arcilla existente, para alcanzar la máxima resistencia seca de los muros.
- 17.5 La cantidad de agua requerida para moldear las unidades de adobe, no debe pasar del 20% respecto al peso del contenido seco.

Artículo 18.- Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe

- 18.1 Debe recurrirse a las pruebas de campo para confirmar la presencia suficiente de arcilla y conocer la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa realizando lo indicado en los Anexos N°s. 1, 2 y 4 de la presente Norma.

- 18.2 Se debe cernir la tierra antes de preparar el barro y luego someterla a un proceso de hidratación sostenida por lo menos 48 horas (Ver definición de dormido en el numeral 12 del artículo 3 de la presente Norma).
- 18.3 El secado del bloque de adobe debe ser lento, para lo cual se realiza sobre tendales protegidos del sol y del viento. Sobre el tendal (que no debe ser de pasto, ni empedrado, ni de cemento) se debe espolvorear arena fina para eliminar restricciones durante el encogimiento de secado.
- 18.4 El bloque de adobe terminado debe estar libre de materias extrañas, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.
- 18.5 El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.
- 18.6 El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.
- 18.7 El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.
- 18.8 La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

Artículo 19.- Calidad, preparación y espesor del mortero.

- 19.1 Se deben remojar los bloques de adobes antes de asentarlos, durante 15 a 30 segundos.
- 19.2 La humedad del mortero no debe pasar el 20 %, para evitar el agrietamiento. La cantidad de agua es la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento.
- 19.3 La proporción entre paja cortada y tierra en volumen puede variar entre 1:1 y 1:2.
- 19.4 Si la paja es escasa, se debe usar arena gruesa. La proporción a utilizar se debe hacer de acuerdo a la prueba de campo indicada en el Anexo N° 4: Prueba de "Control de Fisuras" o "Dosificaciones suelo-arena gruesa".
- 19.5 El espesor de los morteros pueden variar de 5 mm a 20 mm. Solo para el tipo de muro indicado en el Esquema 1 de la Figura 4 puede utilizarse un espesor de 40 mm según se muestra en el aparejo correspondiente. Para muros curvos, ver numeral 7.3 del artículo 7 de la presente Norma.
- 19.6 Se debe evitar el secado violento de la albañilería mediante la protección del sol y del viento.
- 19.7 Se debe evitar que el muro se divida en dos por juntas verticales continuas, sean estas longitudinales o transversales.

Artículo 20.- Reforzamiento

Las edificaciones de adobe reforzado deben cumplir con lo indicado en el artículo 6 de la presente Norma.

**CAPÍTULO V
OBRAS PATRIMONIALES DE TIERRA**

Artículo 21.- Consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

Los trabajos de restauración, recuperación, rehabilitación, protección, reforzamiento y/o mejoramiento de bienes inmuebles integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación construidos con tierra, deben incluirse en un Plan de Intervención, el cual desarrolla soluciones técnicas, que cumplan con las siguientes consideraciones:

- 21.1 Garanticen la vida de los ocupantes y protejan los bienes culturales existentes en su interior.
- 21.2 Aumenten la durabilidad de la construcción tradicional aplicando tecnología moderna y diseños basados en el desempeño (refuerzos).
- 21.3 Mantengan las técnicas y los materiales tradicionales de mayor valor, hasta donde sean adecuados, destacando su valor científico e histórico.
- 21.4 Conserven la autenticidad cultural original limitando la intervención al mínimo necesario.
- 21.5 Utilicen refuerzos compatibles y reversibles para preservar los materiales originales según las condiciones climáticas y que no perjudiquen el material original durante la ocurrencia de sismos (golpeándolos, agrietándolos o deformándolos, por diferencia de dureza o rigidez).
- 21.6 Permitan trabajos de mantenimiento y conservación futura.
- 21.7 Conserven la documentación técnica sobre las intervenciones, a cargo de las entidades competentes para facilitar el acceso al archivo sobre los trabajos de intervención realizadas.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Prueba "Cinta de barro"

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba "Cinta de barro" (en un tiempo aproximado de 10 minutos). Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

20 **NORMAS LEGALES** Viernes 7 de abril de 2017 / El Peruano

ANEXO N° 2. Prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca"

2.1. Formar cuatro *bolitas* con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas (ver imagen adjunta). La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.



2.2. Dejar secar las cuatro *bolitas*. Las cuatro bolitas deben dejarse secar por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.

2.3. Presionar las cuatro bolitas secas. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano (ver imagen adjunta). En caso que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.



La prueba debe ser realizada por un adulto que participe en la construcción.

2.4. Luego del tiempo de secado, se debe repetir la prueba. Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra. Salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso. En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción.

ANEXO N° 3. Prueba "Contenido de humedad" para la construcción con tapial.

3.1. Formar una bola con tierra de la zona del tamaño de un puño y comprimirla fuertemente. Soltarla a un suelo firme y plano desde una altura de 1.10 m.

3.2. Si la bola se desintegra en el piso, el suelo es demasiado seco.

3.3. Si la bola de tierra se rompió en 5 pedazos o más, el contenido de humedad es correcto.

3.4. Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto.

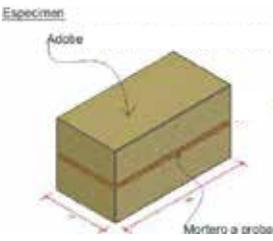


El Peruano / Viernes 7 de abril de 2017 **NORMAS LEGALES** **21**

ANEXO N° 4. Prueba de "Control de fisuras" o "Dosificación suelo - arena gruesa"

4.1. Se preparan especímenes de prueba (emparedados de dos adobes existentes unidos por morteros nuevos). Los morteros deben tener la mínima cantidad de agua necesaria para una mezcla trabajable.

4.2. En la preparación de los diferentes especímenes, el mortero va aumentando la cantidad de arena gruesa en cada muestra y la cantidad de agua necesaria, empezando por una proporción de una (01) parte de suelo y cero (0) partes de arena gruesa, es decir, una proporción 1:0.



4.3. Para el segundo espécimen, una parte de suelo y 1/4 parte de arena gruesa, es decir, una proporción de 1: 1/4.

4.4. En el siguiente espécimen, una parte de suelo y otra de arena gruesa, es decir, 1: 1, y así sucesivamente hasta la proporción 1: 3.

4.5. Luego de secarlos por 48 horas, se abren los especímenes en el mismo orden, para observar el agrietamiento del mortero.

4.6. Para la albañilería de adobe, la proporción óptima es la que corresponde al espécimen que no presente fisuras visibles.

4.7. Si el suelo, teniendo suficiente presencia de arcilla, no muestra fisuras en ningún espécimen, significa que no requiere añadirle arena gruesa, porque ya está equilibrado.

ANEXO N° 5

RECOMENDACIONES PARA LAS JUNTAS DE AVANCE EN LA TÉCNICA DEL TAPIAL REFORZADO

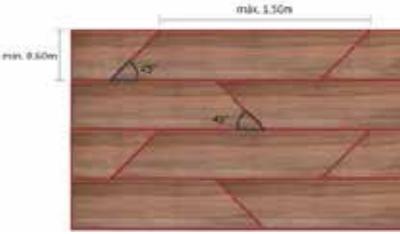
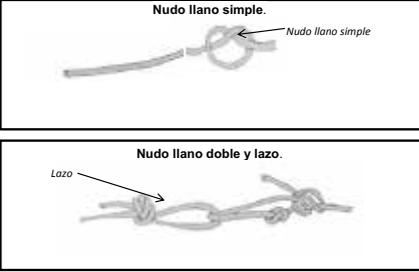


Imagen que muestra las juntas de avance, inclinadas a 45° aproximadamente. Esta solución evita el uso de la tapa terminal y adelgaza la junta de llenado por acción de la gravedad.

ANEXO N° 6

RECOMENDACIONES PARA EL AJUSTE DE LAZOS VERTICALES Y HORIZONTALES PARA LOS REFUERZOS CON MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS

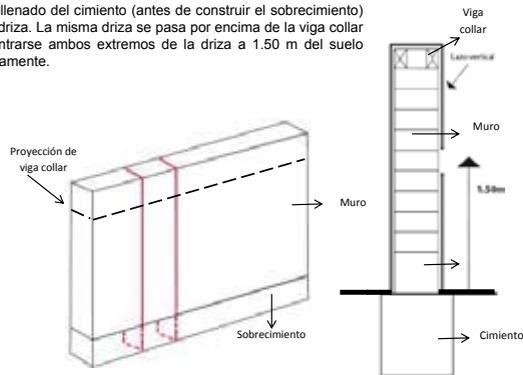
6.1 NUDOS PARA REFUERZOS



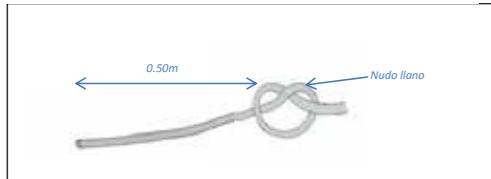
6.2 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL AJUSTE DE LAZOS VERTICALES Y HORIZONTALES PARA LOS REFUERZOS CON MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS

Debe envolverse el muro mediante lazos verticales. Cada lazo vertical debe pasar por el fondo o base del sobrecimiento y sobre la viga collar. Tensar y anudar. Conviene que cada lazo vertical pase por la junta (mortero) vertical. Ambos extremos de la soga sintética se amarran.

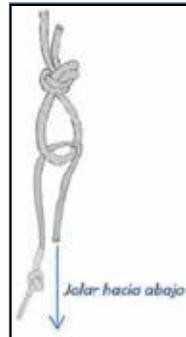
- a) Luego del llenado del cemento (antes de construir el sobrecimiento) se deja la driza. La misma driza se pasa por encima de la viga collar para encontrarse ambos extremos de la driza a 1.50 m del suelo aproximadamente.



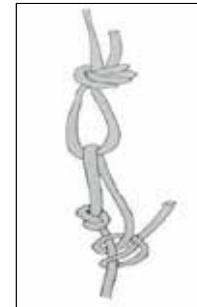
- b) Con la punta de la driza superior (que cuelga) debe hacerse una U y formar un nudo de dos cordones para crear un lazo, de la forma que se muestra en, Anexo N° 6, inciso 6.2, literal d).
- c) En la driza inferior debe hacerse un nudo llano a 0.50 m de su extremo.



- d) La driza inferior se pasa a través del lazo superior y se jala hacia abajo, ayudándose con el propio peso del operario.



- e) Mantener la tensión con la mano más hábil y con la otra mano apretar el lazo contra el muro donde la driza inferior pasa por el lazo.

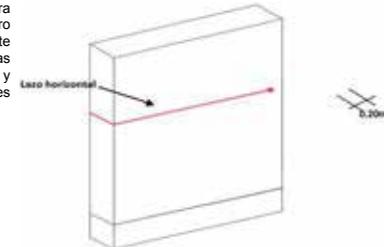


- f) Finalmente, con la mano hábil hacer tres (03) nudos llanos debajo del nudo hecho en el literal c) numeral 6.2 del Anexo N° 6, y soltar.

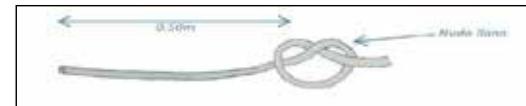
6.3 AJUSTE HORIZONTAL PARA REFUERZOS CON MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS

Luego de haber tensado y anudado cada una de las drizas verticales del muro, debe envolverse el mismo muro mediante lazos horizontales. Cada lazo horizontal debe pasar por un orificio realizado al muro o contrafuerte perpendicular a este. En caso que existan vanos, los lazos deben envolver el muro por los derrames de dichos vanos. Tensar y anudar ambos extremos. Cada lazo horizontal debe pasar por la mitad de cada adobe (no por la junta horizontal).

- a) La driza rodea el muro horizontalmente (para ello, en las esquinas debe perforarse el muro transversal o contrafuerte perpendicular a este con un taladro para poder pasar las drizas y hacer un lazo en unos de los extremos y acercarlo a 0.20 m a uno de los bordes (aristas) del muro.

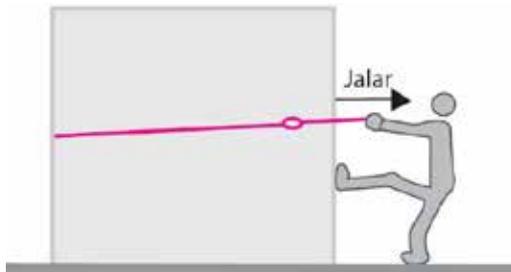


- b) Realizar en el otro extremo un nudo llano a 0.50 m de su extremo.



- c) Pasar la driza con nudo a través del lazo y ejercer tensión, pudiendo apoyarse con un pie en el muro.





- d) Mantener la tensión con la mano más hábil y con la otra mano apretar el lazo contra el muro donde la driza pasa por el lazo.



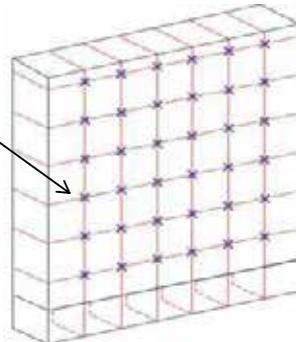
- e) Finalmente, con la mano hábil hacer tres (03) nudos llanos debajo del nudo hecho en el Anexo 6, inciso 6.3, literal c) y soltar.

6.4 AMARRE DE LAZOS VERTICALES CON LAZOS HORIZONTALES Y UNIÓN DE MALLAS.

Los lazos verticales y los lazos horizontales forman mallas en ambas caras del muro. Ambas mallas deben unirse utilizando drizas "conectoras" (que crucen el muro).

- En una cara del muro amarrar con la driza "conectora" la intersección formada por el lazo vertical con el lazo horizontal.
- Perforar el muro con un taladro para cruzar la driza "conectora" de manera que dicha driza también amarre la intersección formada por el lazo vertical con el lazo horizontal, de la otra cara del muro.
- Repetir el procedimiento con cada intersección formada por el lazo vertical con el lazo horizontal. Las mallas de cada cara del muro deben estar unidas por drizas conectoras.
- Una vez que se encuentren amarradas las mallas de ambas caras del muro, aplicar el revestimiento de barro con paja.

Una driza conectora (X) amarra el lazo vertical con el lazo horizontal en ambas caras del muro.



3.2

DECLARACIÓN DE LIMA (2010)

LIMA DECLARATION FOR DISASTER RISK MANAGEMENT OF CULTURAL HERITAGE

December 3rd of 2010

Preamble:

Cultural heritage professionals, architects, archaeologists, structural engineers and other specialists from Peru and Japan met during the "Symposium on Disaster Risk Management of Cultural Heritage. Sustainable Conservation of Urban Cultural Heritage in Seismic Zones. The symposium aimed to share post-disaster recovery experience and discuss the role of structural engineers and conservation architects" for the protection of Cultural Heritage located in earthquake zones.

1. World is divided into seismic and non seismic areas. Earthquakes occur mainly along two big circles: The Circum-pacific where more than 95% of seismic energy is dissipated and the Eurasian circle. Following the International Conservation Charters and conservation policies, now we address the cumulative damage to cultural heritage associated with severe earthquakes prone areas.

2. Significant number of World Cultural Heritage Properties is located in these seismic areas, especially in the Circum-Pacific region of Asia and Latin America, the Caribbean, Southern Europe, West and Central Asia. Potential dama-

ge due to large earthquakes is foreseen in these regions. Therefore these regions need to undertake urgent measures to safeguard lives and cultural heritage from disasters;

3. Arguing safety reasons, the local authorities often demolish historic fabric after a severe earthquake. New generation of professionals should change this tendency through multidisciplinary approach aimed at sustainable protection of heritage. All cultural remains must be conserved or restored by taking into account the principles of integrity and authenticity understood in local context.

4. ICOMOS National Committees are encouraged to contribute to the enrichment of the spirit of the Conservation Charters to consider the disaster mitigation on cultural heritage in seismic zones.

5. Heritage conservation can be accomplished through education by organizing updated courses, seminars and training activities. Academic institutions would play an important role by including cultural heritage and tourism studies for sustainable development of heritage sites.

DECLARACIÓN DE LIMA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DEL PATRIMONIO CULTURAL

03 de diciembre de 2010

Preámbulo

Los profesionales del patrimonio cultural, arquitectos, arqueólogos, ingenieros estructurales y otros especialistas de Perú y Japón se reunieron durante el "Simposio sobre Gestión de Desastres del Patrimonio Cultural. Conservación sostenible del patrimonio cultural urbano en zonas sísmicas". El objetivo del simposio fue compartir experiencias de recuperación post-desastre y discutir el papel de los ingenieros estructurales y arquitectos de conservación para la protección del patrimonio cultural situado en zonas sísmicas.

1. El mundo está dividido en zonas sísmicas y no sísmicas. Los terremotos se producen principalmente en dos grandes círculos: el Circum-Pacífico, donde se disipa más del 95% de la energía sísmica y el círculo de Eurasia. En seguimiento a las Cartas Internacionales de Conservación y las políticas de conservación, ahora se hace frente a los daños acumulados en el patrimonio cultural asociado a las zonas propensas a terremotos.

2. Un número significativo de los bienes del Patrimonio Mundial Cultural se encuentra en estas zonas sísmicas, especialmente en la región Circum-Pacífico de Asia y América Latina, el Caribe, el sur de Europa, Asia occidental y central. Se prevé un daño potencial debido a los

grandes terremotos en estas regiones. Por lo tanto estas regiones tienen necesidad de emprender medidas urgentes para proteger vidas y el patrimonio cultural de los desastres;

3. Argumentando razones de seguridad, las autoridades locales a menudo demuelen el tejido histórico después de un terremoto. La nueva generación de profesionales debe cambiar esta tendencia mediante un enfoque multidisciplinario destinado a la protección sostenible del patrimonio. Todos los restos culturales deben ser conservados o restaurados, teniendo en cuenta los principios de integridad y autenticidad entendidos en el contexto local.

4. Se alienta a los Comités Nacionales de ICOMOS a contribuir al enriquecimiento del espíritu de las Cartas de Conservación considerando la mitigación de desastres en el patrimonio cultural en zonas sísmicas.

5. La conservación del patrimonio se logra mediante la educación y organización de cursos de actualización, seminarios y actividades de formación. Las instituciones académicas desempeñarán un papel importante, si incluyen estudios sobre patrimonio cultural y turismo para el desarrollo sostenible de los sitios que son patrimonio.

6. Communication between community members and professionals from various disciplinary backgrounds, academics and authorities is necessary to explain and disseminate why restoration of heritage should be done with due respect to authenticity and integrity. Due attention should be given by journalists and other mass media professionals to spread this understanding.

7. The responsibility of the authorities towards preparedness for the next severe earthquake needs to be stressed. Even though human life is priceless many heritage buildings at risk of collapse are also used for housing, business and/or other tourism facilities.

8. Disaster mitigation and preparedness requires a comprehensive assessment of risks to the site and its occupants and visitors. Detailed rescue and response plans should also be drawn up. For this purpose, it is mandatory to identify the carrying capacity of historic public buildings and places in order to prevent bottlenecks during disasters. Due consideration should be given to prior inspection to approve only those activities on the site that pose no risk to the life of inhabitants or visitors;

BACKGROUND AND STATEMENTS

1. World Heritage Convention has emphasized the responsibility of each State Party to formulate national policies for the protection of cultural heritage.

2. In response to disasters, the first priority is to save human life and provide for the basic needs of victims. Next, emergency response and recovery should avoid further harm to cultural heritage;

3. Interdisciplinary analysis and structural assessment of heritage buildings must include the use of traditional materials and technologies, if they are adequate. Considerations should be given to the deep understanding of the historical buildings and their seismic behavior through analytical or physical modeling, non destructive tests and other modern tools and to document it. Performance-based criterion complemented with strength-based criterion should be considered;

4. The earthquake history, especially the seismic activity in and around the heritage sites, and the impact of recent earthquakes on traditional and non-traditional structures, should be documented and made available:

5. In order to achieve the objectives of sustainable development and risk management, recommended by the Thematic Meeting on Cultural Heritage Risk Management on Kobe during UN-WCNR in 2005, following strategic goals should be taken into account;

o Integrate cultural heritage into existing disaster reduction policies and mechanisms at the international, national and local levels including involving qualified heritage organizations and expertise;

o Involve local communities in the preparation and implementation of risk management plans, and all stages of disaster recovery;

o Include cultural heritage as a subject to develop scientific research and technical studies, educational and training programs associated with risk management and disaster recovery, to work out

6. Es necesaria la comunicación entre los miembros de la comunidad y profesionales de diversas disciplinas académicas, y las autoridades para explicar y difundir por qué debe restaurarse el patrimonio con el debido respeto por la autenticidad e integridad. Los periodistas y otros profesionales de los medios de comunicación deben prestar la debida atención para difundir este conocimiento.

7. Es necesario resaltar la responsabilidad de las autoridades para estar preparados para el próximo terremoto. A pesar que la vida humana no tiene precio muchos edificios patrimoniales en riesgo de colapso se utilizan también para vivienda, negocios y / u otras instalaciones turísticas.

8. La mitigación y la prevención ante los desastres requiere de una evaluación de los riesgos para el sitio, sus ocupantes y visitantes. También debe elaborarse un detallado rescate así como planes de respuesta. Con este propósito, es obligatorio identificar la capacidad de carga de los edificios históricos y lugares públicos a fin de evitar cuellos de botella durante los desastres. Se prestará la debida atención a la inspección antes de aprobar sólo actividades en el sitio que no representan ningún riesgo para la vida de los habitantes o visitantes;

ANTECEDENTES Y DECLARACIONES.

1. La Convención del Patrimonio Mundial ha hecho hincapié en la responsabilidad de cada Estado Parte en la formulación de políticas nacionales para la protección del patrimonio cultural.

2. En la respuesta a los desastres, la primera prioridad es salvar las vidas humanas y atender las necesidades básicas de

las víctimas. A continuación, la respuesta de emergencia y recuperación debe evitar más daños al patrimonio cultural;

3. El análisis interdisciplinario y la evaluación estructural de los edificios patrimoniales debe incluir el uso de materiales y tecnologías tradicionales, si son adecuados. Se debe dar la debida consideración a la comprensión profunda de los edificios históricos y su comportamiento sísmico a través de modelos analíticos o físicos, ensayos no destructivos y otros instrumentos modernos y para documentarlo. El criterio basado en el desempeño complementado con el criterio basado en la fuerza debe considerarse;

4. La historia de los terremotos, especialmente de la actividad sísmica en los alrededores de los sitios del patrimonio, y el impacto de los recientes terremotos en las estructuras tradicionales y no tradicionales, debe ser documentada y accesible:

5. Con el fin de alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible y la gestión de riesgos, recomendados por la Reunión Temática sobre la Gestión de Riesgos en el Patrimonio Cultural de Kobe durante la ONU-CMRD en 2005, en seguimiento a sus metas estratégicas debe tenerse en cuenta; Integrar el patrimonio cultural en las políticas de reducción de desastres y mecanismos a nivel internacional, nacional y local, incluyendo la participación de organizaciones calificadas en patrimonio y con experiencia; Involucrar a las comunidades locales en la preparación y ejecución de planes de gestión de riesgos, y todas las etapas de recuperación de desastres; Incluir el patrimonio cultural como tema a desarrollar en la investigación y estudios técnicos, programas educativos y de capacitación relaciona-

such operating methods as will make the State capable of counteracting the risks that threaten cultural heritage

ACTION RECOMMENDATIONS General Recommendations

1. Undertake awareness-raising initiatives to involve decision-makers and local communities in the development and implementation of disaster risk reduction strategies for cultural heritage;

2. Encourage established national and international networks of cultural heritage and disasters to promote the integration of cultural heritage protection into broader disaster management field;

For Intergovernmental and International Nongovernmental Organizations

3. International Intergovernmental and Nongovernmental Organizations concerned with cultural heritage, such as UNESCO, ICCROM, ICOMOS, ICOM, IFLA and ICA, as well as the International Committee of the Blue Shield (ICBS) and related international instruments such as the World Heritage Convention, should act, enhance and promote disaster risk reduction within their policies, programs, and activities;

4. Special consideration should be given to countries located in seismic areas to ensure safety in cities with living cultural heritage with due consideration to their ecological reality. Recurrent earthquakes cause cumulative damage to his-

toric urban areas and sites. Development of new technology with necessary reinforcement that is compatible to original materials and technology and is reversible should be encouraged;

5. Include disaster risk management of cultural heritage in the scope of the assistance programs of various international development and cooperation agencies, which should also promote this policy among other multilateral development institutions to which they are a party.

For Central, Regional and Local governments

6. Governments should establish expert committees that would enable exchange of opinions to formulate coordinated policies by bringing together multidisciplinary specialists such as structural engineers, architects, archeologists and other cultural heritage specialists. The government should also promote administrative and financial measures that are necessary to establish comprehensive disaster mitigation facilities for cultural heritage properties as well as their surrounding urban environment;

7. Governments should strengthen the institutional support and governance for disaster preparedness, through due regulations developed in consultation with the civil society. Public institutions, owners, and other stakeholders should be encouraged to work together in formulating policies to preserve Cultural Heritage;

dos a gestión de riesgos y recuperación de desastres, para perfeccionar métodos de intervención que permitan a un Estado ser capaz de contrarrestar los riesgos que amenazan el patrimonio cultural.

RECOMENDACIONES PARA LA ACCIÓN Recomendaciones generales

1. Llevar a cabo iniciativas de sensibilización para involucrar a quienes toman decisiones y las comunidades locales en el desarrollo y ejecución de estrategias de reducción de riesgos para el patrimonio cultural;

2. Fomentar que las establecidas redes nacionales e internacionales del patrimonio cultural y los desastres promuevan la integración de la protección del patrimonio cultural en el amplio campo de la gestión de desastres;

Para las organizaciones internacionales intergubernamentales y no gubernamentales

3. Las organizaciones internacionales intergubernamentales y no gubernamentales relacionadas con el patrimonio cultural, como la UNESCO, el ICCROM, ICOMOS, ICOM, IFLA y el CIA, así como el Comité Internacional del Escudo Azul (CIEA) y relacionadas con instrumentos internacionales como la Convención del Patrimonio Mundial, deben actuar para mejorar y promover la reducción del riesgo de desastres dentro de sus políticas, programas y actividades;

4. Debería prestarse especial atención a los países situados en zonas sísmicas, para garantizar la seguridad en las ciudades con patrimonio cultural vivo, con la debida consideración a su realidad

ecológica. Los terremotos recurrentes causan daños acumulativos en las zonas urbanas y sitios históricos. El desarrollo de nuevas tecnologías con el necesario refuerzo que sea compatible con los materiales originales, su tecnología y que sea reversible, debe fomentarse;

5. Incluir la gestión de riesgos de desastres en el patrimonio cultural dentro del ámbito de aplicación de los programas de asistencia de desarrollo internacional y varios organismos de cooperación, que también debe promover esta política, entre otras instituciones multilaterales de desarrollo a los que son parte.

Para los Gobiernos Central, Regionales y Locales

6. Los gobiernos deben establecer comités de expertos que permitan el intercambio de opiniones para formular políticas coordinadas, reuniendo a especialistas multidisciplinarios tales como ingenieros estructurales, arquitectos, arqueólogos y otros especialistas en patrimonio cultural. El gobierno también debe promover las medidas administrativas y financieras que sean necesarias para establecer las instalaciones integrales de mitigación de desastres para los bienes del patrimonio cultural, así como su entorno urbano;

7. Los gobiernos deberían fortalecer el apoyo institucional y de gobernanza para la preparación ante desastres, a través de reglamentos desarrollados en consulta con la sociedad civil. Las instituciones públicas, propietarios y otras partes interesadas deberían ser alentados a trabajar juntos en la formulación de políticas para preservar el patrimonio cultural;

8. Responsible authorities of Cultural heritage and Disaster Mitigation should jointly develop special tools for periodical inspection of structural stability of heritage buildings for their mitigation against earthquakes, in order to preserve their heritage values and use appropriate technologies that would maintain these values over time;

9. Encourage national and international assistance to recover living heritage by including comprehensive understanding of the society in the rehabilitation programs, awareness and education activities for the habitants so as to improve their safety and daily life conditions;

10. In the context of the World Heritage Convention and other international instruments, adopt and implement comprehensive policies, procedures, and legal measures to integrate cultural heritage in all disaster reduction programs and to include risk management plans as part of the management system for heritage properties;

11. Include governmental and non-governmental cultural heritage expertise in existing and future national coordinating bodies mandated to oversee the development and implementation of disaster reduction policy, programs and actions plans;

12. Cooperate with local administrations and provide adequate resources to ensure the adoption and implementation of consistent risk management strategies for cultural heritage assets in their territory, in particular, historic urban areas

and living cultural landscapes, and their settings; including identifying, assessing and monitoring disaster risks;

13. Encourage and support civil society and non-governmental initiatives in the field of disaster reduction for cultural heritage through measures that are aimed at reducing underlying vulnerability factors;

14. Initiate and support education and awareness campaigns to disseminate information widely for the protection of cultural heritage before, during, and after disasters; Use the knowledge, innovation and education to build a culture of disaster prevention.

15. Central, Regional and Local governments are encouraged to promote coordination between policies for cultural heritage earthquake risk management, urban planning and disaster management for the cultural heritage properties and the surrounding environment.

For Educational/ Research Institutions

16. To develop training programs on repair and retrofitting aimed both, for cultural heritage professionals and emergency personnel, so as to achieve seamless integration.

17. Education is the starting point to understand the importance of disaster preparedness. Therefore younger generation should be made aware of the importance of cultural heritage, tangible and intangible and that they are responsible for its conservation.

8. Las autoridades responsables del patrimonio cultural y la mitigación de desastres deberían desarrollar conjuntamente herramientas especiales para la inspección periódica de la estabilidad estructural de los edificios del patrimonio para su mitigación ante terremotos, con el fin de preservar sus valores patrimoniales y el uso de tecnologías apropiadas que mantienen estos valores a través del tiempo;

9. Fomentar la asistencia nacional e internacional para la recuperación del patrimonio vivo a través de la inclusión de la comprensión integral de la sociedad en programas de rehabilitación, actividades de sensibilización y educativas para los habitantes con el fin de mejorar su seguridad y condiciones de vida diaria;

10. En el contexto de la Convención del Patrimonio Mundial y otros instrumentos internacionales, adoptar y aplicar políticas, procedimientos y medidas jurídicas para integrar el patrimonio cultural en todos los programas de reducción de desastres y que incluyan planes de gestión de riesgos como parte del sistema de gestión de bienes del patrimonio cultural;

11. Incluir los conocimientos y la experiencia gubernamental y no gubernamental en patrimonio cultural de los órganos de coordinación nacional actuales y futuros encargados de supervisar el desarrollo y la aplicación de la política de reducción de desastres, los programas y planes de acción;

12. Cooperar con las administraciones locales y proporcionar los recursos adecuados para garantizar la adopción y aplicación de estrategias coherentes de gestión de riesgos en los activos del patrimonio cultural de su territorio, en parti-

cular, en áreas urbanas históricas y paisajes culturales vivos, y sus escenarios, incluyendo la identificación, evaluación y seguimiento de los riesgos de desastres

13. Alentar y apoyar a la sociedad civil y las iniciativas no gubernamentales en el ámbito de la reducción de desastres para el patrimonio cultural a través de medidas que están dirigidas a reducir factores de vulnerabilidad;

14. Iniciar y apoyar campañas de educación y sensibilización para difundir ampliamente información para la protección del patrimonio cultural, antes, durante y después de los desastres; utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para crear una cultura de prevención de desastres.

15. Los gobiernos central, regionales y locales deben promover la coordinación entre las políticas de gestión de riesgos del patrimonio cultural del terremoto, la planificación urbana y gestión de desastres para las propiedades del patrimonio cultural y el medio ambiente circundante.

Para las instituciones educativas y de investigación

16. Desarrollar programas de capacitación en reparación y modernización dirigidas tanto a profesionales del patrimonio cultural como al personal de emergencia, a fin de lograr una perfecta integración.

17. La educación es el punto de partida para comprender la importancia de la preparación para desastres. Por lo tanto las generaciones más jóvenes deben ser conscientes de la importancia del patrimonio cultural, tangible e intangible, y que son responsables por su conservación.

18. Academic institutions such as universities, technical schools and research centers are encouraged to promote education and research on comprehensive disaster management of cultural heritage sites located in earthquake prone zones, and are especially encouraged to engage in international activities such as establishing networks to improve the quality of their activities by cooperating with the activities of regional cultural heritage centers.

The "Lima Declaration for Disaster Risk Management of Cultural Heritage" was drafted and proposed by the professionals below, and adopted with the applause and common consent of all the participants of the International Symposium on "Disaster Risk Management of Cultural Heritage. Sustainable Conservation of Urban Cultural Heritage in Seismic Zones. Post-disaster recovery experience: Role of structural engineers and conservation architects", hosted by CISMID-National University of Engineering (UNI), Ritsumeikan University (RITS-DMUCH), with the support of ICOMOS-ICORP, ICOMOS Peru, which was held at the Jinnai Hall, Japan Peru Cultural Center, on 3rd December 2010.

(in alphabetical order)

Patricia GIBU (National University of Engineering, FIC-CISMID, drafting member)
 Kanefusa MASUDA (Ritsumeikan University, Japan, ICOMOS-ICORP, drafting member)

O. Keiko MENDOZA SHIMADA (Ritsumeikan University, Japan, ICOMOS Japan, drafting member)
 Mariana MOULD DE PEASE (The Franklin Pease G.Y. Collection, ICOMOS Peru, drafting member)
 Victor PIMENTEL (National University of Engineering, ICOMOS Peru, drafting member)
 Julio VARGAS NEUMANN (Pontifical Catholic University of Peru, ICOMOS Peru, drafting member)
 Carlos ZAVALA (National University of Engineering, FIC-CISMID, drafting member)
 Blanca ALVA GUERRERO (Ministry of Culture, Director of Heritage Defense)
 Mario BEGAZO BEGAZO (Goyeneche Hospital, Arequipa, Director)
 Antonio BLANCO BLASCO (Pontifical Catholic University of Peru, Professor)
 Beatriz BOZA MORILLO (Ministry of Culture, Arequipa Regional office, Conservation Architect)
 María del Carmen CORRALES (Ministry of Culture, Conservation Architect)
 Juan DE ORELLANA (University of the Sacred Heart, Lima, Conservation Architect)
 Jorge LARREA TOVAR (Lima School Workshop, Director)
 Fernando LÓPEZ SÁNCHEZ (Art Museum of Lima Cathedral, Director)
 Jenny PARRA SMALL (Peru Sustainable Cities Project-PNUD, Institute of Civil Defense, Architect)
 Ricardo PROAÑO (National University of Engineering, Assistant Professor)
 Hugo SCALETTI (National University of Engineering, Professor)
 Ruth SHADY (President of ICOMOS Peru)
 Teresa VILCAPOMA (University of the Sacred Heart, Lima, Conservation Architect)

18. Se alienta a las instituciones académicas como universidades, escuelas técnicas y centros de investigación a promover la educación y la investigación en la gestión integral de desastres de los sitios del patrimonio cultural ubicado en las zonas propensas a terremotos, y son especialmente alentados a participar en actividades internacionales, tales como el establecimiento de redes para mejorar la calidad de sus actividades mediante la cooperación con las actividades de los centros regionales del patrimonio cultural.

La "Declaración de Lima para la Gestión de Desastres del Patrimonio Cultural", fue redactada y propuesta por los profesionales que abajo la suscriben, siendo aprobada con el aplauso y el común acuerdo de todos los participantes en el Simposio Internacional "Gestión de Desastres del Patrimonio Cultural. Conservación Sostenible del Patrimonio Cultural Urbano en Zonas Sísmicas. Experiencias de Recuperación Post Desastres: La función de los ingenieros estructurales y arquitectos conservadores", organizado por CISMID, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad de Ritsumeikan (RITS-DMUCH), con el apoyo de ICOMOS-ICORP, ICOMOS Perú, que se celebró en la Sala Jinnai, Centro Cultural Perú Japón, el 3 de diciembre de 2010.

(en orden alfabético)

Patricia GIBU (Universidad Nacional de Ingeniería, FIC-CISMID, miembro redactora).
 Kanefusa MASUDA (Ritsumeikan University, Japan, ICOMOS-ICORP, miembro redactor).
 Keiko MENDOZA SHIMADA (Ritsu-

meikan University, Japan, ICOMOS Japón, miembro redactora).

Mariana MOULD DE PEASE (Colección Franklin Pease G.Y., ICOMOS Perú, miembro redactora).

Victor PIMENTEL (National University of Engineering, ICOMOS Peru, miembro redactor).

Julio VARGAS Neumann. (Pontificia Universidad Católica del Perú, ICOMOS Perú, miembro redactor).

Carlos ZAVALA (Universidad Nacional de Ingeniería, FIC-CISMID, miembro redactor)

Blanca ALVA GUERRERO (Ministerio de Cultura, Directora de Defensa del Patrimonio).

Mario BEGAZO BEGAZO (Director del Hospital Goyeneche, Arequipa).

Antonio BLANCO BLASCO (Pontificia Universidad Católica del Perú, Profesor)

Beatriz BOZA MORILLO (Ministerio de Cultura, Oficina Regional de Arequipa, arquitecta conservadora)

María del Carmen CORRALES (Ministerio de Cultura, arquitecta conservadora)

Juan DE ORELLANA (Universidad Femenina del Sagrado Corazón, ICOMOS Perú, arquitecto conservador)

Jorge LARREA TOVAR (Directo Escuela Taller de Lima)

Fernando LÓPEZ SÁNCHEZ (Director del Museo de Arte de la Catedral de Lima).

Jenny PARRA SMALL (Proyecto Ciudades Sustentables -PNUD, Instituto de Defensa Civil, arquitecta).

Ricardo PROAÑO (Universidad Nacional de Ingeniería profesor asistente)

Hugo SCALETTI (Universidad Nacional de Ingeniería, profesor)

Ruth SHADY (presidenta de ICOMOS Perú)

Teresa VILCAPOMA (Universidad Femenina del Sagrado Corazón, Lima, arquitecta conservadora)

GLOSARIO

ADOBE: Bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

ARCILLA: Componente más fino de la tierra, de la consistencia de una harina, que al contacto con el agua se activa y proporciona a la mezcla su capacidad cohesiva.

BARBOTINA: Mezcla de agua y tierra cernida. Se deja unos días para que la arcilla active su capacidad aglutinante. Se utiliza líquida para preparar la pared antes de la colocación de la capa de revestimiento en tierra o más espesa para preparar elementos de paja-barro.

BARRO: Mezcla moldeable formada con tierra (arcilla, arena y limos) y agua para fabricar materiales de construcción.

BARRO ALIVIANADO: Mezcla de tierra a la cual se añade gran cantidad de fibras (paja, viruta, etc.) para elaborar elementos constructivos más ligeros y aislantes.

CANTERA: Lugar de donde se extrae material. Puede ser de tierra para hacer adobes o de piedra para la construcción.

CASCAJO: Conjunto de piedras menudas o de fragmentos de piedra.

CERNIDO: La acción de separar una materia reducida a polvo de material más grueso. Se puede usar una zaranda o cernidor de forma que lo más grueso quede sobre la malla y lo sutil caiga al sitio destinado para recogerlo.

CONSERVACIÓN: Todas aquellas medidas o acciones que tengan como objetivo la salvaguarda del patrimonio cultural tangible y aseguren su accesibilidad a generaciones presentes y futuras. La conservación comprende la conservación preventiva, la conservación curativa y la restauración. Todas estas medidas y acciones deberán respetar el significado y las propiedades físicas del bien cultural en cuestión.

CONSERVACIÓN CURATIVA: Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas acciones solo se realizan cuando los bienes se encuentran en un estado de fragilidad notable o se están deteriorando a un ritmo elevado, por lo que podrían perderse en un tiempo relativamente breve. Estas acciones a veces modifican el aspecto de los bienes.

CONSERVACIÓN PREVENTIVA: Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa sobre un bien o un grupo de bienes culturales que tengan como objetivo detener los procesos dañinos presentes o reforzar su estructura. Estas medidas y acciones son indirectas, no interfieren con los materiales y las estructuras de los bienes. No modifican su apariencia.

DORMIDO: En la preparación de la mezcla, proceso de humedecimiento de la tierra durante unos días para activar la arcilla contenida en la tierra.

ENLUCIDO: Cubrir la pared con una capa fina de barro o yeso.

MOLDE: Caja con o sin fondo de madera cepillada o de metal que sirve para dar forma a una masa. Se usa para dar forma a las mezclas de tierra y hacer bloques (adobes, losetas, etc). Puede ser fijo o desarmable.

MORTERO: Material de unión entre elementos de una mampostería, sean de adobe o piedra.

PAJA: Tallo u hojas de las plantas gramíneas (arroz, cebada, trigo, ichu, grama).

PAJA-BARRO: Mezcla de barro alivianada con paja silvestre o de cultivo. Se prepara a partir de una barbotina espesa, en la cual se sumergen las fibras para luego exprimirlas.

PATRIMONIO CULTURAL: Creaciones artísticas y tecnológicas; obras, objetos, documentos y espacios afines o destinados a manifestaciones artísticas y culturales, así como edificios, conjuntos urbanos y lugares de valor histórico, natural, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico o científico. También abarca el patrimonio cultural inmaterial en relación con conocimientos, habilidades, creencias, prácticas y el modo de ser de las personas.

PATRIMONIO MATERIAL INMUEBLE:

Se refiere a los bienes culturales que no pueden trasladarse; abarca tanto los sitios arqueológicos (huacas, cementerios, templos, cuevas, andenes) como las edificaciones coloniales y republicanas.

PISÓN/MAZO: Elemento grueso y pesado, de forma cónica o piramidal, que se maneja verticalmente mediante un palo largo, con el cual se compacta o apisona la tierra o alguna superficie.

PRESERVACIÓN: Acción sobre bienes inmuebles aislados sin relación con el medio ambiente o para interés de la comunidad.

RESTAURACIÓN: Todas aquellas acciones aplicadas de manera directa a un bien individual y estable, que tengan como objetivo facilitar su apreciación, comprensión y uso. Estas acciones solo se realizan cuando el bien ha perdido una parte de su significado o función a través de una alteración o un deterioro pasados. Se basan en el respeto del material original. En la mayoría de los casos, estas acciones modifican el aspecto del bien.

SECADO: Proceso de evaporación de agua en la tierra húmeda, en el cual el barro se contrae y adquiere resistencia; debe ser muy lento para evitar fisuras.

TENDAL: Lugar donde se amasa el barro para formar adobes, tejas, etc., y donde se secan estos elementos.

TIERRA: Material de construcción constituido por cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa.

BIBLIOGRAFÍA

Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., Iwaki C. (2011). "Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú". *Informes de la Construcción*. Vol. 63, 523, 41-50. doi: 10.3989/ic.10.017.

Brandi, C. (2003) [1963]. *Teoría de la restauración*. Versión española de María Angeles Toajas Rogers. Madrid: Alianza Forma.

Carta de Atenas [1931]. Carta del restauro.

Carta de México [1999]. Carta del patrimonio vernáculo construido.

Carta de Venecia [1964]. Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y de conjuntos históricos-artísticos.

Declaración de Lima (2010). Declaración para la gestión de riesgo del patrimonio cultural.

Le Tiec J. M., Paccoud, G. (2006). *Pisé H2O. De l'eau et des grain pour un renouveau du pisé en Rhône-Alpes*. Villafontaine: CRATerre editions.

Mileto, C., Vegas, F., García Soriano, L., Cristini, V. (2014). Boca Ratón: CRC Press.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). Norma E. 080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

Montoya Robles, J. M. (2017). Pruebas de campo para selección de canteras de tierra como material de construcción. Tesis de grado, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Sección de Ingeniería Civil.

Rodríguez-Larraín, S., Montoya, T., Gil, S., Onnis, S., Vargas, J. (2013). Cuadernos 18. Aportes de la enseñanza de la arquitectura en tierra a la mitigación de riesgos. Departamento Académico de Arquitectura.

Sosa C., Soto, J. (2014). Reparación de muros de construcciones históricas de tierra mediante el sellado de fisuras y refuerzos estructurales adicionales. Tesis de postgrado. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Sección de Ingeniería Civil.

Vargas, J., Bariola, J., Blondet, M. (1984). Resistencia sísmica de la mampostería de adobe. Formato PDF.







**QHAPAQ
ÑAM**
PERÚ
sede
nacional



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Cátedra UNESCO
Arquitectura de
Tierra

CENTRO TIERRA

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA
NATURALEZA TERRITORIO Y
ENERGÍAS RENOVABLES



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ



CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DE LA
**ARQUITECTURA
Y LA CIUDAD**

ISBN: 978-612-4391-16-3



9 786124 391163