

NORMAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA

Patricio Cevallos Salas (1)

(1) Ingeniero Civil, Director de TECNOVIVA, Director de INGENIERIA ALTERNATIVA cevallos@ecuanex.net.ec

PALABRAS CLAVE: Normas, proyecto, construcción con tierra.

RESUMEN

Este artículo procura hacer un resumen de las Normas de Construcción en Adobe y Tapial que se aplican en Perú y mostrar de manera muy sucinta las diferencias con la propuesta mexicana de Jacobo Chernovetzsky y la de Chile de Gastón Barrios L.. Finalmente se presenta una propuesta de un procedimiento adecuado para construir en el Ecuador.

1. INTRODUCCION

Las normas para diseño y construcción con tierra se refieren a aquellas en las que se usa el adobe o tapial y son de tierra cruda y/o estabilizada. Este documento procura hacer un resumen de las normas y/o recomendaciones que son necesarias observar para proceder a una construcción segura en zonas con riesgo sísmico como es el caso de los países andinos.

A continuación se hace un pequeño resumen de la Norma Peruana, la Mexicana y la propuesta Chilena y se finaliza con un resumen de criterios que se utilizan en el Ecuador.

2. LA NORMA PERUANA PARA CONSTRUCCIONES EN ADOBE

El Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) publicó la Norma para la Construcción con Adobe. En esta se detallan las condiciones que deben cumplir los distintos componentes de la vivienda para garantizar su estabilidad respecto a las sollicitaciones, especialmente, de sismos. La condición básica es que los muros de adobe sean portantes y que, estructuralmente, en las paredes no exista otro elemento que actúe como tal.

Los **requisitos generales** se pueden resumir de la siguiente manera:

- El diseño arquitectónico debe basarse en los principios estructurales de la Norma;
- El diseño estructural se realizará con criterios de comportamiento elástico;
- Las dimensiones y requisitos que se señalan son mínimos y deben ser calculados para cada caso;
- Las construcciones se limitarán a un solo piso y la mayor altura de muro será de 3,00 m, pudiendo llegar a 4.00 m en los tímpanos;
- La capacidad portante mínima de los suelos en los cuales se hace una construcción de adobe debe ser de 1,50 kgf/cm²;
- Se deberá estudiar la colocación de refuerzos y/o arriostramientos que mejoren el comportamiento de la estructura;
- La estabilización del adobe deberá hacerse, especialmente con el fin de mejorar las condiciones de estabilidad ante la presencia de la humedad.

La Norma define como Estructura al conjunto compuesto por:

- . Cimentación
- . Muros
- . Elementos de arriostre horizontal
- . Elementos de arriostre vertical
- . Techo
- . Refuerzos

Los vanos deberán estar centrados. El borde vertical no arriostrado de puertas y ventanas deberá ser considerado como borde libre. La longitud entre el borde libre de un muro y el elemento vertical más próximo no excederá de cuatro veces (4) el espesor del muro. La distancia mínima entre los bordes libres o entre el borde libre y el elemento de arriostre vertical más próximo será de 0,80 m.

2.3. Elementos de arriostre

Para que el muro se considere arriostrado deberá existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre, para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos. Los elementos verticales de arriostre tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir las fuerzas cortantes a la cimentación.

Cuando el arriostre vertical está constituido por un muro o un contrafuerte, su longitud en la base no será menor que tres (3) veces el espesor del muro.

Se considera arriostre horizontal al elemento o conjunto de elementos que posean una rigidez suficiente en el plano horizontal como para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros. Estos elementos se diseñan como apoyos del muro arriostrado, considerándose a éste como losa, sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

Se deberá garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deberán conformar un sistema continuo e integrado.

2.4. Techos

Los techos en lo posible deberán ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros y fijados adecuadamente a éstos a través de la viga solera.

Los techos deberán ser diseñados de tal manera que no produzcan en los muros, empujes laterales que provengan de las cargas gravitacionales.

En general, los techos livianos no pueden considerarse como diafragmas rígidos y por lo tanto no contribuyen a la distribución de fuerzas horizontales entre los muros.

La distribución de las fuerzas de sismo se hará por zonas de influencia sobre cada muro longitudinal, considerando la propia masa y las fracciones pertinentes de la masa de muros transversales y la del techo. Cuando se usan sistemas de tijeras, se debe garantizar la estabilidad lateral del mismo.

La pendiente y la longitud de los aleros es importante estudiarlas de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.

2.5. Refuerzos

Para edificaciones en adobe, es obligatorio:

- El uso de viga solera;
- La colocación de refuerzos al interior de los muros;
- Que los refuerzos garanticen la conexión de los muros encuentros y esquinas (para evitar la separación y desplome de los mismos).

Los materiales que pueden ser utilizados como refuerzos serán:

- Caña o similares, en tiras, colocadas horizontalmente cada cierto número de hiladas (máximo cada 4) en todos los muros y unidas entre sí mediante amarres adecuados en los encuentros y esquinas.
- Se reforzará la junta que coincide con el nivel superior e inferior de los vanos.

- Adicionalmente se colocarán cañas o elementos de características similares como refuerzos verticales, ya sea en un plano central entre unidades de adobe, o en alvéolos de mínimo 5 cm de diámetro dejados en los adobes. La distancia máxima entre refuerzos verticales será de 60 cm.
- El refuerzo vertical deberá estar anclado a la cimentación y fijados a la solera superior. Se usará caña madura y seca o elementos rectos y secos de eucaliptus u otros similares.

Se usarán dinteles de vanos y vigas soleras de madera sobre los muros. La viga solera se anclará adecuadamente al muro y al dintel si lo hubiese. Los materiales de refuerzo deberán ser estables y compatibles con el material del muro.

2.6. Morteros

En el caso de la construcción con adobe, las juntas de albañilería son críticas, en consecuencia éstas deberán recibir el mayor cuidado.

Los morteros se clasifican en:

- TIPO I – En base a cemento y arena gruesa y cuya relación volumétrica deberá estar comprendida entre 1:5 a 1:10;
- TIPO II – Deberá tener las mismas características que los adobes y de ninguna manera tendrá una calidad menor.

Deberá utilizarse paja seca en una proporción no menor de una parte de paja por dos partes de tierra, en volumen (1% en peso).

Las juntas horizontales y verticales no deben exceder de 2 cm y deberán ser llenadas completamente.

2.7. Recubrimientos

Los muros de adobe simples, deberán protegerse mediante enlucidos resistentes a la acción de la erosión y la intemperie.

2.8. Esfuerzos admisibles

Para todo tipo de edificaciones de categoría B (Normas Básicas de Diseño Sismoresistente), y las pertenecientes a conjuntos habitacionales (mayores de 20 viviendas), se realizarán ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño.

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la mampostería.

La resistencia a la compresión se determinará ensayando cubos labrados cuya arista tendrá la menor dimensión del adobe. Se empleará un valor de la resistencia (f_o), calculado en base al área de la sección transversal. Este valor será sobrepasado por el 80% de las piezas ensayadas.

El número mínimo de piezas a ensayar será de seis (6) y deberán estar completamente secas.

El valor de f_o no será menor de 12 kgf/cm².

La resistencia a la compresión de la mampostería podrá determinarse por:

Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra, éstas estarán compuesta por el número de adobes enteros necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura/espesor) de tres (3).

El número mínimo de adobes será de cuatro (4) y el espesor de las juntas será de 2 cm. El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número de pilas a ensayar de tres (3).

El esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtendrá con la expresión:

$$f_m = 0,4\phi_e f'_m \quad (2)$$

donde: ϕ_e = Factor de reducción de esbeltez del muro.

Este factor puede ser obtenido de forma análoga a una columna elástica, pero no será mayor de 0,75.

f'_m = Esfuerzo de compresión último de la pila.

Este valor será sobrepasado por 2 de cada 3 de las pilas ensayadas.

En caso de no calcularse el factor de reducción por esbeltez del muro, se tomará la expresión:

$$f_m = 0,2 f'_m \quad (3)$$

Cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$$f_m = 2,0 \text{ kgf/cm}^2 \quad (4)$$

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será:

$$1,25 f_m \quad (5)$$

La resistencia al corte de la mampostería se podrá determinar por:

- Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra. Se ensayarán mínimo tres (3) especímenes.

- El esfuerzo admisible al corte del muro (v_m) se obtendrá con la expresión:

$$v_m = 0,4 f'_t \quad (6)$$

donde: f'_t = esfuerzo último de murete de ensayo

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

Cuando **no se realicen ensayos de muretes**, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$v_m = 0,25 \text{ kgf/cm}^2 \quad (7)$$

La **resistencia a la tracción por flexión de la mampostería para cargas perpendiculares a su plano** se considerará como máximo:

$$f_a = 0,4 \text{ kgf/cm}^2 \quad (8)$$

No se considerará resistencia a tracción del mortero para cargas contenidas en el plano del muro.

2.9. Diseño de muros

En los **muros longitudinales** la aplicación de la resistencia v_m se efectuará sobre el área transversal crítica de cada muro (descontando vanos si fuera el caso).

En el **diseño de muros transversales** se recomienda utilizar métodos elásticos para cargas perpendiculares a su plano.

Esto es lo que en definitiva, menciona y manda la norma peruana, sin embargo, tanto la norma chilena como las recomendaciones mexicanas han dado algunos pasos distintos, así por ejemplo:

3. LA PROPUESTA DE NORMA CHILENA

La **propuesta de norma chilena** en lo que respecta a contrafuertes y refuerzos pide observar lo siguiente:

Los **contrafuertes** se distanciarán a no más de $12e$, $h = 8e$ y $b = 2e$ si es intermedio y $4e$ si es terminal sin muro ortogonal. Para muros de 2,40 m de altura y 30 cm de espesor deberían estar separados máximo a 3,60 m.

Se pueden suprimir contrafuertes si hay muro ortogonal interior mayor a $6e$, sin vanos, caso contrario se incluirá un contrafuerte trabado como prolongación del ortogonal hacia el exterior y cuya base será $2e$.

En muros terminales sin dintel ni envigados deben colocarse contrafuertes por ambos lados, de $4e$ en la base.

Si el manchón entre contrafuerte y vano es mayor a $0,60$ m y menor a $1,50$ m, el contrafuerte tendrá una base de $2e$ y si este manchón es menor a $0,60$ m, el contrafuerte tendrá una base de $3e$. Figura 2.

El **refuerzo** recomienda que se coloquen 2 alambres de púas galvanizados de dos hebras # 14 ó 4 # 16 en el barro de pega, cada 4 hiladas, sujetos en cruz a los centros de puertas y ventanas, terminales de muros o contrafuertes, de acuerdo a una secuencia específica y simulando un postensado.

Cuando la superficie de vanos en un muro es mayor a $1/3$ de la superficie del muro, deberá colocarse refuerzos de barras de acero en los cabezales, que posteriormente se taparan con el revoque.

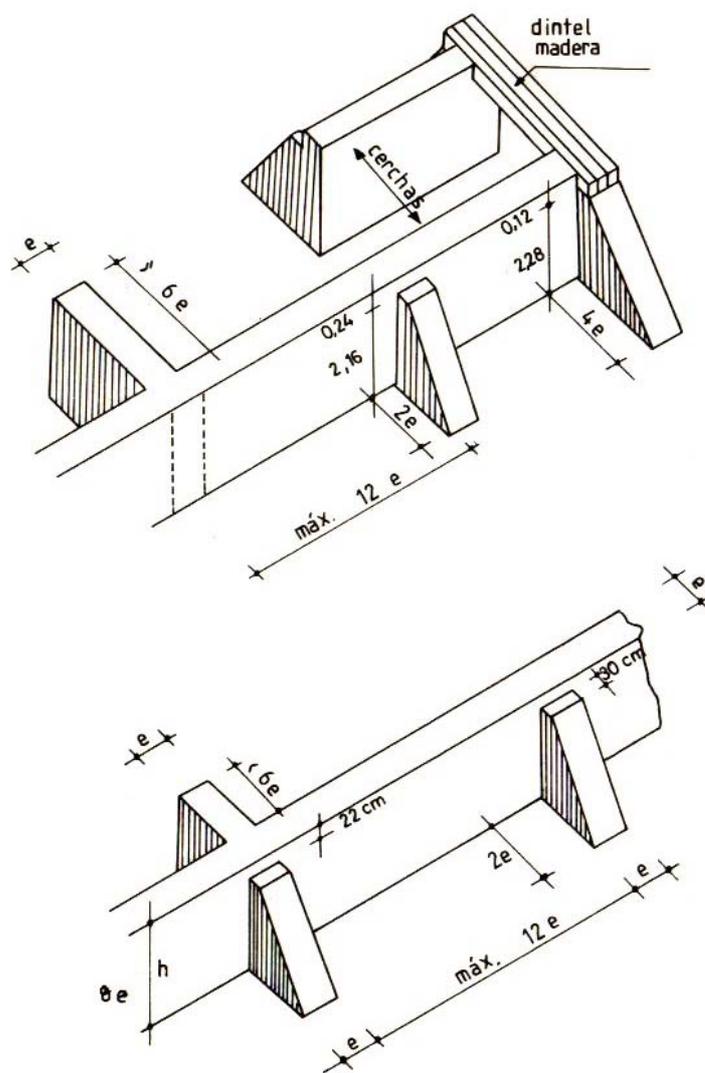


FIGURA 2. Diseño de contrafuertes

Se dejarán empotradas en el sobrecimiento dos barras de acero de 12 mm, pintadas con anticorrosivo, separadas entre sí 15 cm y sobresaliendo $3,50$ m a partir del sobrecimiento, para ser doblada en $1,00$ m sobre la cadena superior.

4. RECOMENDACIONES DE MEXICO

Las recomendaciones formuladas en México respecto del adobe difieren de las del Perú varios valores de esfuerzos admisibles:

$$f_m = 3,50 \text{ kgf/cm}^2; 2,50 \text{ kgf/cm}^2; 2,00 \text{ kgf/cm}^2 \quad (9)$$

Dependiendo del tipo de mortero que se utilice en la construcción, el primer dato será para morteros 1:4 (cemento:arena), el segundo valor para morteros de menor calidad y el tercero para los de lodo.

$$f_a = 0,70 \text{ kgf/cm}^2 \quad (10)$$

Estos valores se utilizan siempre y cuando se emplee el método de diseño que describe la propuesta de Norma.

De igual manera que en el Perú, se solicita mayor número de ensayos; y, además, que en el proceso de construcción de una pared de adobe, no se supere el 1,50 m de altura por día.

Otra recomendación digna de tomarse en cuenta es respecto a la solera superior que deberá hacerse de hormigón armado con un espolón que cubre los 50 cm finales de las paredes de adobe. Figura 3.

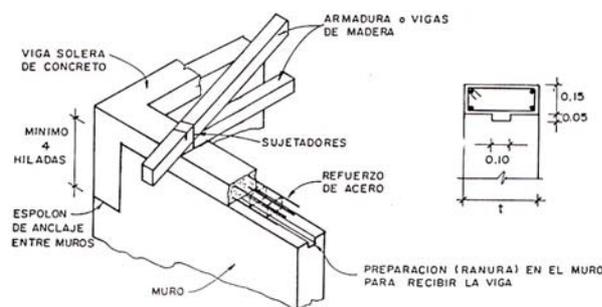


FIGURA 3. Detalle de viga solera de hormigón armado.

La solera será de 5 cm de espesor con cuatro barras de acero y en su armadura se sujetarán los refuerzos verticales de alambre de púas.

5. EL CASO ECUADOR

En el Ecuador, se están usando los siguientes criterios, no como norma sino como una "adecuada" práctica:

5.1. Cimentación

Deberá ser debidamente impermeabilizada y podrá ser de hormigón ciclópeo o mampostería de piedra y con un sobrecimiento de piedra que sobresalga al menos 20 cm.

La profundidad mínima será de 40 cm y el ancho similar al de las paredes, nunca menor, estarán diseñados para soportar todas los pesos que hacia ella se canalicen. El suelo de fundación tendrá una carga admisible de al menos de 1,50 kgf/cm².

5.2. La mampostería

Los adobes se harán con suelos cuya granulometría tenga un contenido de arena entre el 50 y 60% y el resto finos entre limos y arcillas.

El esfuerzo de compresión $f_o = 10 \text{ kgf/cm}^2$.

La mampostería no tendrá una altura mayor a 8e, el espesor de la pared será mínimo de 30 cm y, la longitud libre del muro no rebasará a 8e.

Los contrafuertes seguirán las recomendaciones peruanas y los vanos de puertas y/o ventanas no podrán ser mayores al 1/3 de la longitud del muro. Los dinteles cubrirán el vano más 50 cm a cada lado de éste, en el caso de haber puerta y ventana en el muro, el dintel será uno solo.

Todas las esquinas y encuentros de paredes deberán ser debidamente trabados, en el caso del tapial, estos elementos se harán de manera monolítica usando tapialeras en L y en T.

Los vanos de puertas o ventanas deberán estar separados de las esquinas o encuentros de muros, mínimo 1,00 m, es preferible que los vanos estén centrados.

Todo muro llevará una solera como remate del mismo y como elemento para la sujeción de la cubierta.

5.3. Morteros

Se fabricarán de materiales compatibles con el adobe y su calidad nunca debe ser menor a la de los adobes.

5.4. Refuerzos

Este es un tema que despierta mucha polémica ya que si consideramos que en la zona rural se construyen el 80% de las viviendas sin dirección técnica, el refuerzo es difícil que sea reproducido por estos sectores, el caso de Perú así lo indica y en el chileno de igual manera.

En todo caso es conveniente usar refuerzos de carrizo, guadúa picada, alambre de púas, tiras de eucalipto de (2,5 x 2,5) cm, cada cuatro hiladas y debidamente sujetos entre sí en los encuentros de muros. El refuerzo de acero, además de costoso, corre el peligro de corrosión.

5.5. La cubierta

Será preferiblemente liviana y apoyada en el mayor número posible de muros, a cuatro aguas y rígida en su propio plano y debidamente calculada para soportar todas las cargas gravitacionales.

Los ejes de unión de tijeras, viga tensor y muro, preferiblemente deben coincidir, así se evitarán la presencia de cargas excéntricas.

5.6. Los acabados

Se harán de manera que impermeabilicen a los muros y le protejan de la erosión y, en general, del ataque de los agentes naturales.

Estas son varias recomendaciones para el trabajo con tierra cruda, sea en la tecnología de adobe o de tapial. En todo caso, es importante que el diseño arquitectónico considere la conformación de cajas autoresistentes y luces adecuadas a la tecnología que está por ser usada.

Un buen diseño arquitectónico dará una buena estabilidad a la obra y para el efecto cabe trabajar en equipo el diseño, conjuntamente el Arquitecto y el Ingeniero.

BIBLIOGRAFIA.

BARRIOS, Gastón. Manual de Construcción en Adobe. Santiago. 1989. Chile.

CEVALLOS S., Patricio. Las Normas de Construcción con Tecnologías Alternativas: Algunos Avances en América Latina. 1992.

CHERNOVETZKY, Jacobo. Propuesta de Reglamento de la Construcción en Tierra. HABITERRA-MEXICO. Jacobo. 1991. México.

CONSTRUCCIONES DE ADOBE. Disposiciones Especiales para Diseño Sismo-resistente. ININVI. Lima-Perú.

CRISOSTO, Luis. Recomendaciones para Construcciones en Adobe. PUCCH. 1981. Chile.

DOAT, P., HAYS, A., HOUBEN, H., MATUK, S., VITOUX, F. Construire en Terre. CRATERRE Paris. 1979. Francia.

HIGUERA, Sergio. La Casa de Tierra. - ITAVU -.Matamoros. 1986. México.

MORÁN B., Eduardo. Uso del Terrocemento en la Construcción de Vivienda de bajo costo. Quito. 1984. Ecuador.

POVEDA, Edwin. Normas de Construcción con Tierra. Aspectos a Considerar. Politécnica. Quito. Ecuador.

VARGAS, Julio; OTAZZI, Gianfranco. Investigaciones en Adobe. PUCP. Lima. 1981. Perú.

VIVIENDA PARA EL MAESTRO RURAL. CONESCAL. Varios autores. México. 1984. México.