

FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL

ÍNDICE

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

GENERALIDADES

TIPOS DE TIERRAS

ENSAYOS DE CAMPO CON TIERRA

ENSAYOS DE CAMPO CON ADOBES

TIPOS DE ADOBE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS HIGROMÉTRICAS. EXPANSIÓN Y RETRACCIÓN

MEZCLAS

MEZCLAS ADOBE

MEZCLAS TAPIAL

PROCESO DE FABRICACIÓN ADOBE

TIPOS DE PRODUCCIÓN

PROCESO DE PRODUCCIÓN

MAQUINARIA

MANO DE OBRA

PROCESO DE FABRICACIÓN TAPIAL

INFRAESTRUCTURA

TIPOS DE ENCOFRADOS

MAQUINARIA

MANO DE OBRA

SISTEMA CONSTRUCTIVO SISMORRESISTENTE

DISEÑO SISMORRESISTENTE

DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ADOBE

DISEÑO SISMORRESISTENTE DE TAPIAL

CONSTRUCCIÓN

ACABADOS

EVALUACIÓN DEL SISTEMA

VENTAJAS

INCONVENIENTES

BIBLIOGRAFÍA

PUBLICACIONES

ENLACES

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

GENERALIDADES

El **adobe** es un bloque de barro producido a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre. La construcción de muros de adobe se realiza con mortero de tierra. Para la elaboración de adobes se emplean diferentes tipos de moldes, generalmente de madera.



Adobes durante el secado

La técnica del **tapial** consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pistón.



Palomar construido con muro de tapial

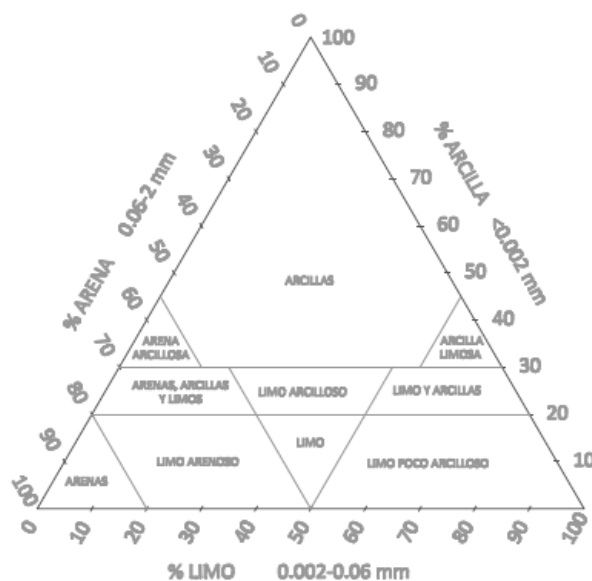
TIPOS DE TIERRAS

La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena, que puede contener también agregados mayores como grava y piedras. Se denomina arcilla a las partículas con un diámetro menor que 0.002 mm, entre 0.002 y 0.06 mm se trata de limo, y arena si las partículas tienen entre 0.06 y 2 mm. Las partículas mayores se denominan gravas.

La arcilla actúa como conglomerante para pegar las partículas mayores en la tierra. Limo y arena y otros agregados constituyen rellenos en la tierra. Dependiendo de cuál de estos tres componentes sea el predominante podemos hablar de suelo arcilloso, limoso o arenoso.

Un suelo extraído de una profundidad menor a 40 cm contiene, por lo general, materia orgánica y humus (producto de la descomposición de plantas), y es ácido. La tierra como material de construcción debería estar libre de materia orgánica y humus. En algunas condiciones se pueden añadir fibras vegetales, como paja, asegurándose de que estén secas, evitando así los riesgos por su descomposición.

El agua activa las fuerzas aglutinantes del barro. Si se humedece arcilla seca, esta se expande, adquiere un estado plástico y obtiene su fuerza aglutinante, desarrolla resistencia a compresión después del secado.



Tierras según su composición

ENSAYOS DE CAMPO CON TIERRA

Los siguientes ensayos sirven para determinar si la tierra de un lugar sirve para hacer un muro durable

Ensayo de lavado. Una muestra de barro húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas cuando se secan, esto es indicativo de un barro limoso. Si la muestra es pegajosa, haciendo necesario el uso de agua para lavarlas esto indica que el barro es arcilloso.



Referencia bibliográfica 7

Ensayo del corte. Una muestra húmeda de barro se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo.

Ensayo de sedimentación. Se agita una muestra de barro con agua en un frasco. Las partículas mayores se asientan primero en el fondo y las más finas arriba. A partir de esta estratificación se puede estimar la proporción de componentes. Según Minke (ref. bibli. 1) los datos de esta prueba tendrían un porcentaje de error o variación del 30%.



Referencia bibliográfica 1



Resultado de la prueba de sedimentación realizada con tierra extraída en la comunidad María del Mar, Champerico, Reatlhuleu, Guatemala

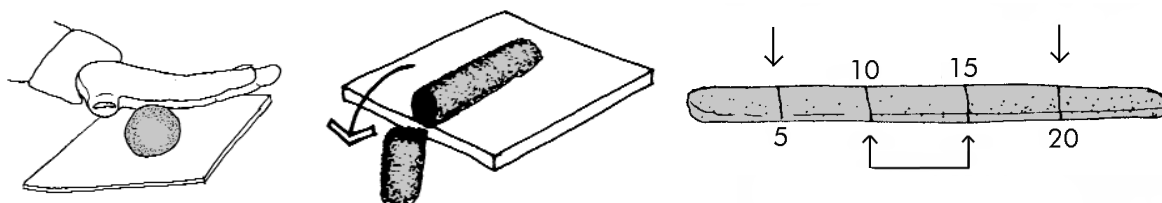
Ensayo de caída de bola. La mezcla a ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro. Cuando esta bola se deja caer desde una altura de 1.5 m sobre una superficie plana pueden ocurrir diferentes resultados. Si la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, esta tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla muy elevado. Por lo general esta mezcla debe rebajarse añadiendo arena. Si el ensayo muestra una apariencia como la del ejemplo de la derecha entonces esta tiene un muy bajo contenido de arcilla. Su capacidad aglutinante es por lo general insuficiente y no puede ser utilizada como material de construcción. En el caso de la tercera muestra a partir de la izquierda, esta tiene una relativamente pobre capacidad aglutinante, pero usualmente una composición que le permite ser utilizada para adobes o tierra apisonada.



Referencia bibliográfica 1

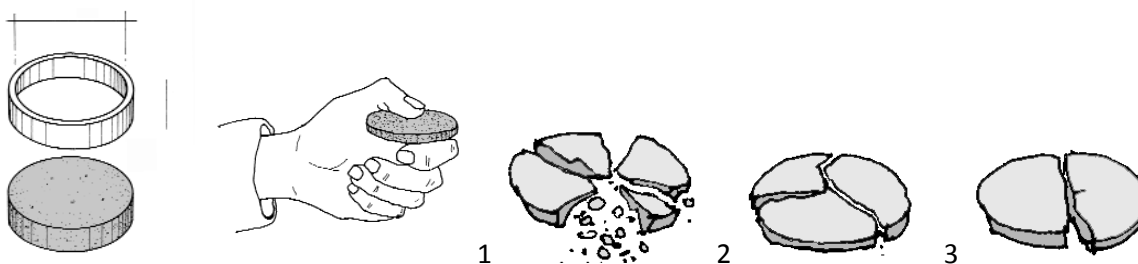
Ensayo de consistencia. Se forma con tierra húmeda una bola de 2 a 3 cm de diámetro. Con esta bola se forma un rollo de 3 mm de diámetro. Si el rollo se parte o desarrolla grandes fisuras antes de alcanzar 3 mm de diámetro la mezcla deberá ser humedecida gradualmente hasta que el rollo se parta solamente cuando haya alcanzado un diámetro de 3 mm. Con esta mezcla se forma una bola nuevamente. Si no es posible formarla, entonces el contenido de arena es muy alto y el de arcilla muy bajo. Si la bola se puede deshacer entre los dedos pulgar e índice con mucha fuerza, el contenido de arcilla es alto y debe rebajarse añadiendo arena. Si la bola se deshace fácilmente, entonces el barro contiene poca arcilla.

Ensayo de cohesión. Se retiran las gravas de la muestra. Se moja, se mezcla y se deja reposar la tierra una media hora hasta que la arcilla pueda reaccionar con el agua. La tierra no debe ensuciar las manos. Sobre una plancha, se moldea un cigarro de 3 cm. de diámetro. Se empuja lentamente el cigarro hacia el vacío. Se mide el largo del pedazo que se desprendió. Se realiza 3 veces y se hace una media. Entre 7 y 15 cm es una tierra conveniente.



Referencia bibliográfica 7

Ensayo de resistencia. Esta prueba determina también la cantidad de arcilla que contiene un suelo. Se humedece la muestra hasta que el material esté blando, pero de modo que conserve su forma. Se hace con él cinco tabletas de 5cm de diámetro y 1 cm de espesor y se secan al sol. Una vez bien secas, se trata de pulverizarlas aplastándolas con el índice y el pulgar.



Referencia bibliográfica 7

Resultado: la tierra adecuada tendrá menos de 1mm de retracción, y será difícil de reducir a polvo.

1. Tierra ARENOSA: Retracción, fácil de convertirlo en polvo.
2. Tierra LIMOSA: Retracción importante, muy difícil de reducirlo en polvo.
3. Tierra ARCILLOSA:

Ensayo de retracción. Se hace una mezcla moldeable que se coloca en una caja de 4x4x40 cm. Se deja secar a la sombra. Cuando la mezcla se levanta en forma curva en el centro, como un pastel, la tierra no sirve. Normalmente la mezcla se encoge y muestra grietas. Se coloca toda la mezcla de un lado y se miden los centímetros que la mezcla ha encogido. La mezcla no debe encoger más de una décima parte de su largo, o sea 4 cm.

ENSAYOS DE CAMPO CON ADOBES

Ensayo de resistencia a flexión. Se pone un adobe sobre otros dos separados la mitad de su longitud. Se pisa con fuerza. Debe aguantar y no romperse.

Ensayo de absorción de agua. Se mantiene un adobe bajo agua durante cuatro horas. Se rompe y se comprueba que la parte mojada no supere un centímetro de profundidad.

Ensayo de resistencia a flexión en condiciones de humedad. Se mantiene un adobe bajo agua durante cuatro horas y se coloca encima de otros dos separados entre si la mitad de su longitud. Enseguida se colocan encima 6 adobes más. Deberá aguantar el peso por lo menos un minuto antes de romperse.

TIPOS DE ADOBE

Adobes. Bloque de barro producido a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre.

Dimensiones comunes del adobe entero: 30 x 30 x 10 cm, 40 x 40 x 10 cm.

Dimensiones del adobe la mitad: 14 x 30 x 10 cm, 19 x 40 x 10 cm.

Adobones son adobes de mayores dimensiones, que siempre deben permitir la manipulación con una o dos manos. Se le suelen añadir agregados o practicar cavidades para aligerar su peso. La ventaja que se disminuye el tiempo de construcción al utilizar menor número de adobes.

Dimensiones utilizadas en adobones: 15 x 24 x 34 cm, 50 x 60 x 10 cm. Cuanto mayores sean las dimensiones, más importante será el que sean aligerados con paja.



Adobón realizado con prensa industrial

Paneles prefabricados. Son elementos no portantes. Se han utilizado paneles prefabricados de 6 a 12 cm de espesor, de 30x60 cm hasta 62,5x100 cm. Estos deben ser de barro aliviado, con una densidad de 800 a 1000 Kg/m³.



Referencia bibliográfica 1

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Datos probables para un muro de tierra (ref. bibli.4)

Conductividad térmica; 0,5 Kcal /h m °C, varía al aligerar el barro con paja u otros materiales.

Calor específico; 0,2 Kcal / Kg °C

Coefficiente de transmisión global; 0,8 Kcal / h m² °C (para una pared de 50 cm)

Coefficiente de dilatación térmica; 0,012 mm / m °C

Índice de permeabilidad; 1/1.000.000 cm / s

Absorción de agua; 5 a 8 % peso seco

Coefficiente de retracción lineal (sin estabilizar); 3 mm / m

Aislamiento acústico; 58 dB (f=500 Hz, pared 50 cm)

Módulo de Young; 10.000 a 70.000 Kg/cm²

Resistencia al fuego; el barro no se considera combustible, ni cuando está aligerado con paja.

Características mecánicas

	Ambiente seco		Ambiente húmedo
Tensión de rotura	Sc (kg/cm²)	St (kg/cm²)	Sc (kg/cm²)
Pared de tierra sola	5 a 20		
Estabilizada con: cemento	40 a 100		
Cal y cemento	35 a 85	1/10 Sc	1/10 Sc
Cal	25 a 75		
Asfaltos	20 a 50		
Fibras	10 a 20	Variable	

CARACTERÍSTICAS HIGROMÉTRICAS. EXPANSIÓN Y RETRACCIÓN

La **expansión** del barro al entrar en contacto con el agua así como su retracción al secarse son desventajas para su uso como material de construcción. La expansión ocurre solamente si el barro entra en contacto directo con una gran cantidad de agua, perdiendo así su estado sólido. La absorción de humedad del aire sin embargo no provoca expansión.

La magnitud de la expansión y de la retracción depende del tipo y cantidad de arcilla y también de la distribución granulométrica del limo y la arena.

Se debe comprobar mediante ensayos que la retracción de la mezcla cumpla con las exigencias para ser utilizada como material de construcción.

Erosión por lluvia y congelamiento. Un barro arenoso tiene poca resistencia a la acción de la lluvia, pero es prácticamente resistente al congelamiento, cuando no tiene fisuras por retracción. Mientras que un barro arcilloso tiende a desarrollar fisuras cuando seca y por eso es propenso a la erosión por congelamiento. Si no tiene fisuras es prácticamente resistente a la acción de la lluvia.

Efecto del vapor. El barro en contacto con el agua se expande y ablanda, en cambio bajo la influencia del vapor, este absorbe la humedad pero permanece sólido y mantiene su rigidez sin expandirse. Así, el barro puede balancear la humedad del aire interior de un espacio, lo que puede resultar muy útil para su uso como elemento constructivo en ciertos climas.

MEZCLAS

MEZCLAS

Casi todos los tipos de tierra sirven para la construcción de muros de adobe o tapial. Como hay diferentes tipos de tierra en su composición, aún dentro de regiones pequeñas, muchas veces hay q combinar varios tipos. Es decir, se usa la tierra del lugar, pero añadiendo más arcilla cuando es pobre o añadiendo arena cuando es muy rica.

Los adobes deben tener suficiente arena gruesa como para alcanzar una alta porosidad (resistencia a las heladas), y alta resistencia a la compresión con un mínimo de retracción. Pero a la vez deben contener suficiente arcilla para tener una buena cohesión que permita la manipulación de los adobes.

Lo ideal es encontrar una tierra a la vez arenosa y arcillosa.

Se debe tener cuidado de las tierras limosas porque una vez secas no resisten al agua.

Los distintos autores que han escrito sobre el tema recomiendan dosificaciones distintas. A pesar de esto, en el gráfico se puede comprobar una coincidencia, y que la dosificación es similar para adobe y para tapial.

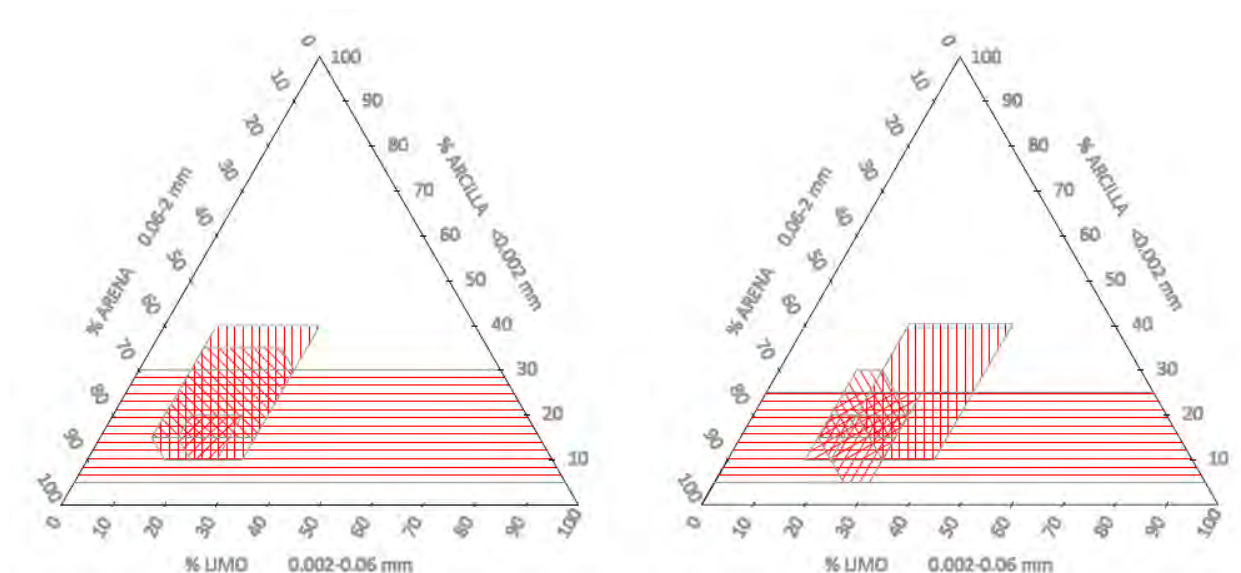


Gráfico recopilatorio de las dosificaciones recomendadas para construcción con adobe y tapial según diversos autores (Elaborado según gráfico de Macarena Gaete con datos de John Norton, Paul Graham Mc Henry, Instituto CRATerre, Gernot Minke, Julio Vargas, Jorge de Olarte, Hugo Pereira, Red Proterra, e incluye la Norma peruana E.080)

Barro aliviado con paja. Es una mezcla de barro y paja, con una densidad en estado seco menor de 1200 kg/m³. Las fibras se añaden, normalmente, para reducir las fisuras de retracción y para aumentar el aislamiento térmico. Si se añaden fibras finas la resistencia a compresión aumenta ligeramente, pero si

se añade paja, la resistencia disminuye. Es muy importante la elección del tipo de fibra y el estado en el que se aplica, puesto que puede causar daños.

Consideraciones sobre el barro aliviado con paja.

1. La resistencia de la superficie de la mezcla para un muro con una densidad menor a 700 Kg/m^3 es demasiado baja como para poder fijar clavos
2. El revoque es más laborioso debido a que se requieren dos capas y a veces un reforzamiento intermedio.
3. Al secar, se originan asentamientos verticales que provocan la aparición de aberturas en la parte superior del elemento. Estas deben ser cuidadosamente rellenadas.
4. El trabajo con este material es muy laborioso. Sin equipos especiales para mezclar y transportar, el rendimiento de la construcción disminuye notablemente.

PROCESO DE FABRICACIÓN ADOBE

TIPOS DE PRODUCCIÓN

Adobes producidos mediante la técnica de lanzado

En la técnica del lanzado se mezcla barro arenoso con agua, usualmente se añade paja cortada y se lanza la mezcla con fuerza en el molde, mientras más fuerte se lance el barro en el molde mejor será la compactación y la resistencia. La superficie se uniformiza con la mano, una madera, una paleta o un alambre.

Una persona puede elaborar aproximadamente 300 adobes por día, incluyendo la preparación de la mezcla, el transporte y el apilado.



Adobes producidos con prensa manual

Las prensas manuales producen una presión de 5 a 25 kg/cm² y requieren de 3 a 5 personas. El rendimiento (150 a 200 unidades por persona y día) es inferior al que se consigue con el método manual. La ventaja es la posibilidad de utilizar un barro con menor cantidad de agua, lo que permite un almacenamiento inmediato y menor retracción. La desventaja es la necesidad de estabilización con cemento (4 a 8 %) para obtener una resistencia suficiente, puesto que la capacidad aglomerante de la arcilla no se activa con tan bajo contenido de agua.



Adobes producidos con prensa automáticas

También existen prensas totalmente automáticas pueden producir de 1500 a 4000 bloques por día, pero son costosas, difíciles de reparar, y requieren una mezcladora y una trituradora que aseguren una mezcla constante.

En países en vías de desarrollo la producción manual es más económica, mientras en países industrializados resulta más económica la producción mecanizada.



Máquina para producir adobes, adobones y block

PROCESO DE PRODUCCIÓN**Fabricación de la adobera****MATERIALES**

- 3 piezas de madera de 8 x 2 x 42 cm
- 2 piezas de madera de 8 x 2 x 82 cm
- 2 piezas de madera de 10 x 6 x 4 cm 1 (un) serrucho
- 2 semicilindros de madera de 2,5 cm de radio
- Zuncho metálico de 2 cm de ancho
- Cola sintética para carpintería
- Clavos

HERRAMIENTAS

- 1 martillo
- 1 cinta métrica
- 1 serrucho
- 1 cepillo
- 1 brocha

SECUENCIA DE FABRICACIÓN

- Cortar las piezas de madera.
- Cepillar.
- Fabricar los alveolos semicirculares.
- Encolar y prensar las adoberas.
- Dejar secar la estructura de las gabereras.
- Colocar el zuncho, clavando sobre el marco de la gabera.
- Clavar el fondo, dejando ranuras de 2 mm a cada lado.

Preparación del barro

- Acumular suficiente tierra extraída de la cantera. Retirar piedras, desperdicios y otros materiales extraños.
- Si es necesario, cernir la tierra para lograr una buena granulometría, que permitirá hacer una mezcla de barro uniforme.
- Añadir agua y mezclar con palas hasta tener una mezcla húmeda. Amasar la mezcla pisándola enérgicamente.
- Añadir paja al barro si se considera necesario. Seguir amasando la masa hasta que esté homogénea.

Preparación de los adobes

- Preparar un tendal limpio, sin sales, nivelado y protegido del sol. Espolvorear arena en su superficie.
- Preparar y limpiar las gabereras. Antes de cada uso, humedecerlas y sumergirlas en agua.
- Espolvorear arena sobre la superficie húmeda interior de la gabera para facilitar el desmolde.
- Coger una cantidad de masa proporcional al volumen del molde. Tirarla con fuerza para llenar uniformemente el molde.
- Nivelar la superficie de la masa en el molde y retirar los excesos de la masa con una regla humedecida previamente.
- Llevar la gabera llena al tendal. Desmoldar, vaciando la gabera sobre el tendal, con un golpe seco.

SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL

- Retirar la adobera en forma perpendicular a la superficie del tendal, evitando deformar el adobe.
- Dejar secar los adobes por cinco días o más, según el clima. Después, ponerlos de canto para completar su secado.
- Apilarlos a los siete días o más. Usarlos después de cuatro semanas, aproximadamente.



Referencia bibliográfica 8

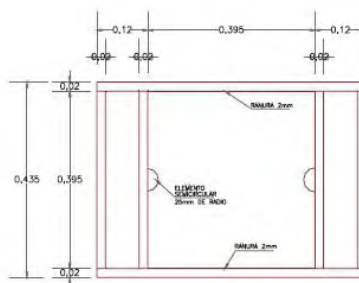
MAQUINARIA

- Adobera
- Regla para nivelar

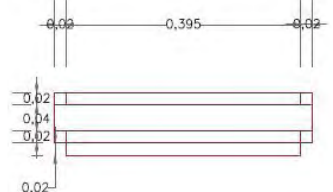
Adoberas



MOLDE CON FONDO
PARA UN ADOBE ENTERO



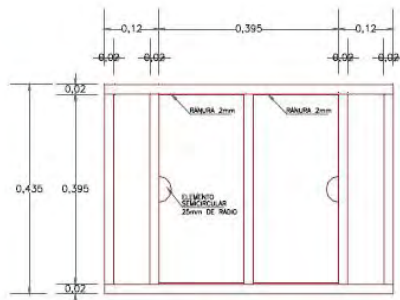
PLANTA



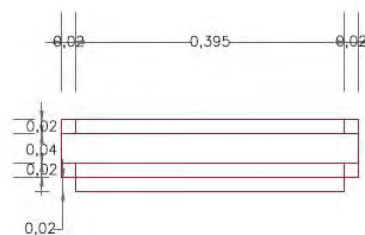
ELEVACIÓN



**MOLDE CON FONDO
PARA MEDIO ADOBE**



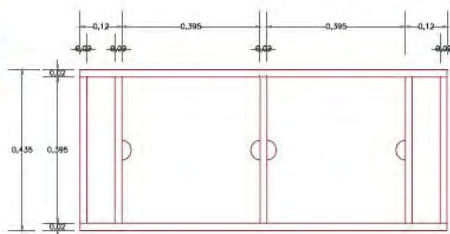
PLANTA



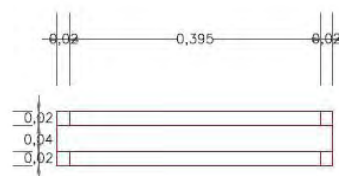
ELEVACIÓN



**MOLDE SIN FONDO
PARA DOS ADOBES ENTEROS**



PLANTA



ELEVACIÓN

Referencia bibliográfica 8

MANO DE OBRA

Adobes producidos mediante la técnica de lanzado. Una persona puede elaborar aproximadamente 300 adobes por día, incluyendo la preparación de la mezcla, el transporte y el apilado.

Adobes producidos con prensa manual. Las prensas manuales requieren de 3 a 5 personas. El rendimiento es de 150 a 200 unidades por persona y día.

Adobes producidos con prensa automáticas. Se pueden producir de 1500 a 4000 bloques por día.

PROCESO DE FABRICACIÓN TAPIAL

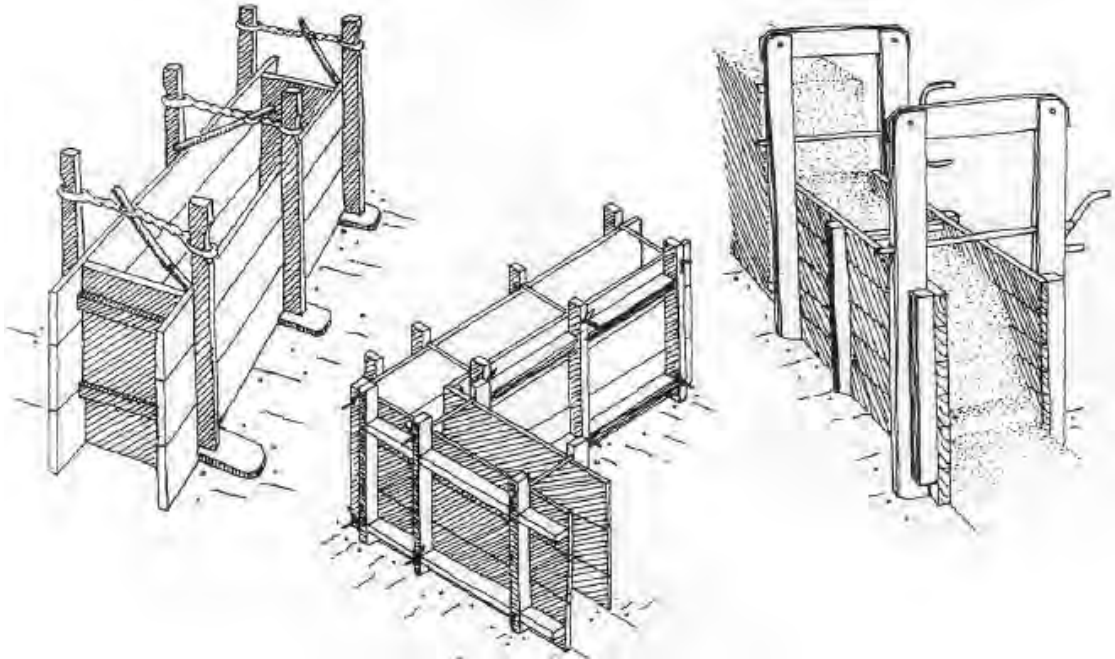
INFRAESTRUCTURA

El encofrado está compuesto por dos tablonces paralelos separados, unidos por un travesaño. La técnica tradicional de la tierra apisonada se utiliza hoy en día en algunos países en vías de desarrollo, mientras en países industrializados se usan otros sistemas de encofrado más sofisticados y una compactación mediante pisones eléctricos o neumáticos.

TIPOS DE ENCOFRADOS

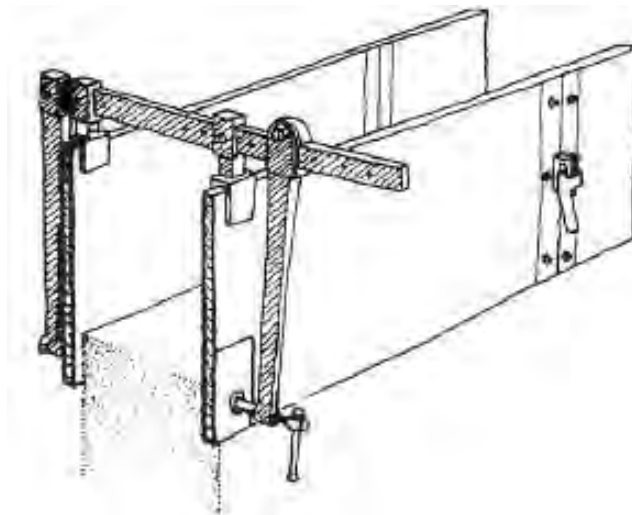
SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL

- **Encofrados tradicionales.** Los tabloncillos paralelos están separados el ancho del muro y unidos mediante un travesaño que atraviesa el muro. Al desmoldar el elemento los travesaños dejan espacios vacios que deben ser rellenos posteriormente.



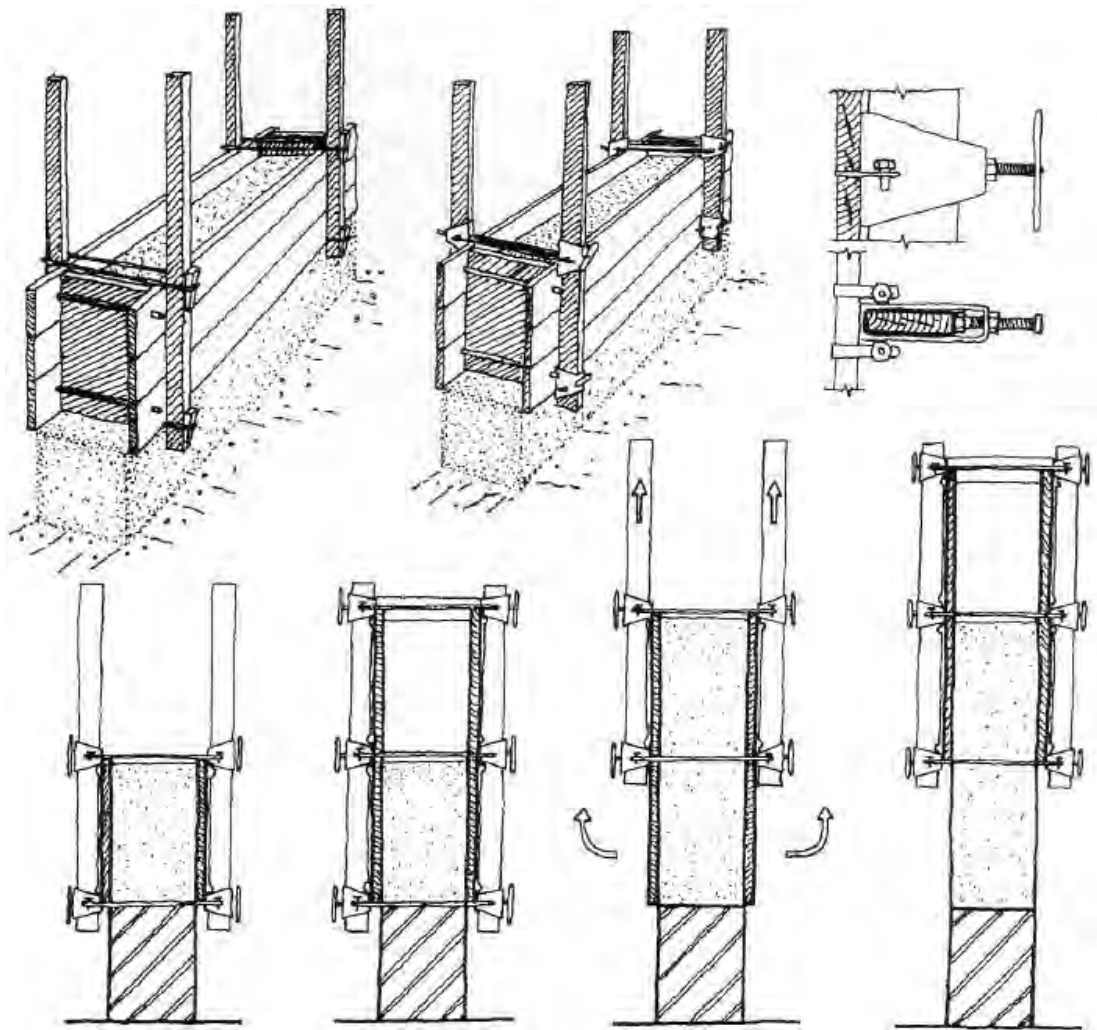
Encofrados tradicionales. Referencia bibliográfica 1

- **Encofrados sin travesaños.** El sistema de encofrado sin travesaños funciona con llaves para mantener la presión de los tabloncillos.



Encofrado sin travesaños intermedios. Referencia bibliográfica 1

- **Encofrados ascendentes.** Para evitar las fisuras horizontales de las juntas verticales de las técnicas tradicionales, se utiliza una nueva técnica para elaborar paneles de la altura del piso (hasta 2.4m), mediante un proceso de compactación continua. Para obtener estabilidad lateral las juntas verticales se ejecutan con un sistema de machihembrado. Para evitar un encofrado que necesite tener la altura de un piso se usa un encofrado trepador de metal o madera. Los dos elementos paralelos del encofrado se sujetan en la base por medio de una barra de acero que deja un hueco muy pequeño al desmontar el encofrado. En la parte superior el travesaño se encuentra en un nivel superior al muro y no interfiere en el proceso de apisonado.



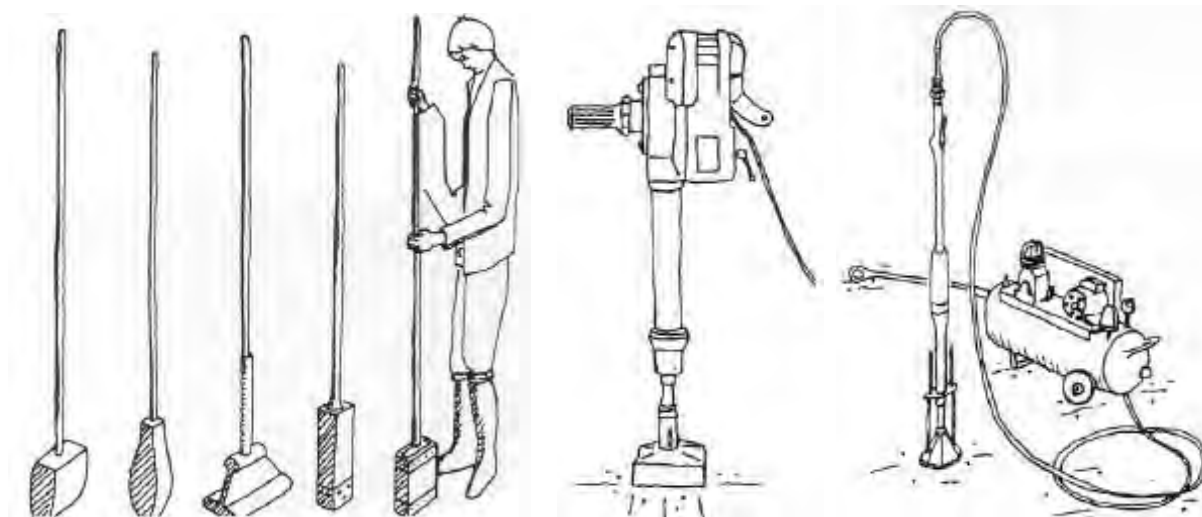
Encofrado ascendente. Referencia bibliográfica 1

Requisitos del encofrado

- Los encofrados deben ser rígidos para evitar el pandeo durante el proceso de apisonado.
- Las piezas deben ser lo suficientemente ligeras como para poder ser transportadas por dos personas.
- El encofrado debe ser fácil de ajustar en la dirección horizontal y vertical.
- Es preferible que las esquinas no requieran encofrados especiales, por lo que el encofrado debe admitir variaciones en la longitud.
- Una opción correcta es emplear tabloncillos de 35 a 45 mm de espesor, que requieren sujeciones cada 100 a 150 cm.

MAQUINARIA

Pisones manuales o compactadores eléctricos o neumáticos



Pisones para compactación manual.

Compactador eléctrico.
Referencia bibliográfica 1

Compactador neumático

MANO DE OBRA

La mano de obra en las técnicas tradicionales de barro apisonado, ejecutadas a mano, incluyendo la preparación, el transporte y la construcción, son de 20 a 30 h/m³.

Optimizando el sistema de encofrados y utilizando los compactadores eléctricos de vibración la mano de obra se disminuye hasta 10h/m³.

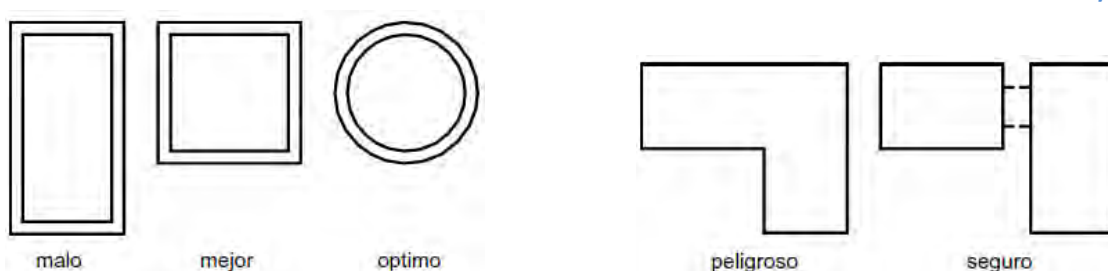
Con técnicas altamente mecanizadas se puede llegar a 2h/m³.

SISTEMA CONSTRUCTIVO SISMORRESISTENTE

DISEÑO SISMORRESISTENTE (ref. bibli. 2)

La **forma** de la planta es muy importante para obtener estabilidad en una edificación.

- Cuanto más compacta sea la planta, más estable será la edificación.
- Las plantas con ángulos (en L, en U) no son recomendables. Si estas son necesarias, se recomienda separar los espacios con elementos livianos y flexibles.



Referencia bibliográfica 2

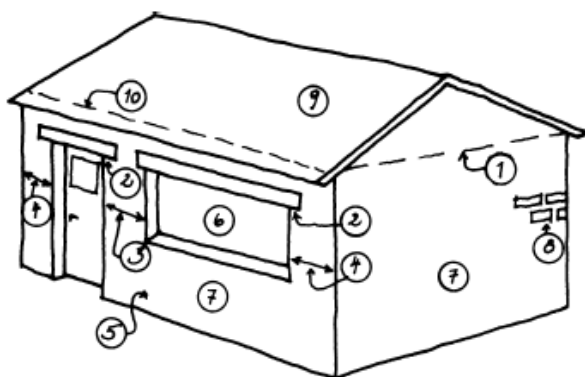
En el **aspecto estructural** hay tres posibilidades distintas para construir una vivienda antisísmica:

- Los muros y la cubierta deben ser tan estables como para que durante el sismo no sufran deformaciones.
- Los muros pueden sufrir deformaciones menores absorbiendo la energía cinética del sismo debido al cambio de la forma. En este caso la cubierta debe estar bien arriostrada con el muro mediante un encadenado.
- Los muros deben construirse como en el segundo caso, pero se debe diseñar la cubierta como un elemento estructural aislado, es decir, con columnas exentas de los muros para que durante el sismo ambos sistemas tengan un movimiento independiente.

La tarea principal del diseño antisísmico es asegurar que los muros no caigan hacia el exterior para que la cubierta no se derrumbe sobre ellos.

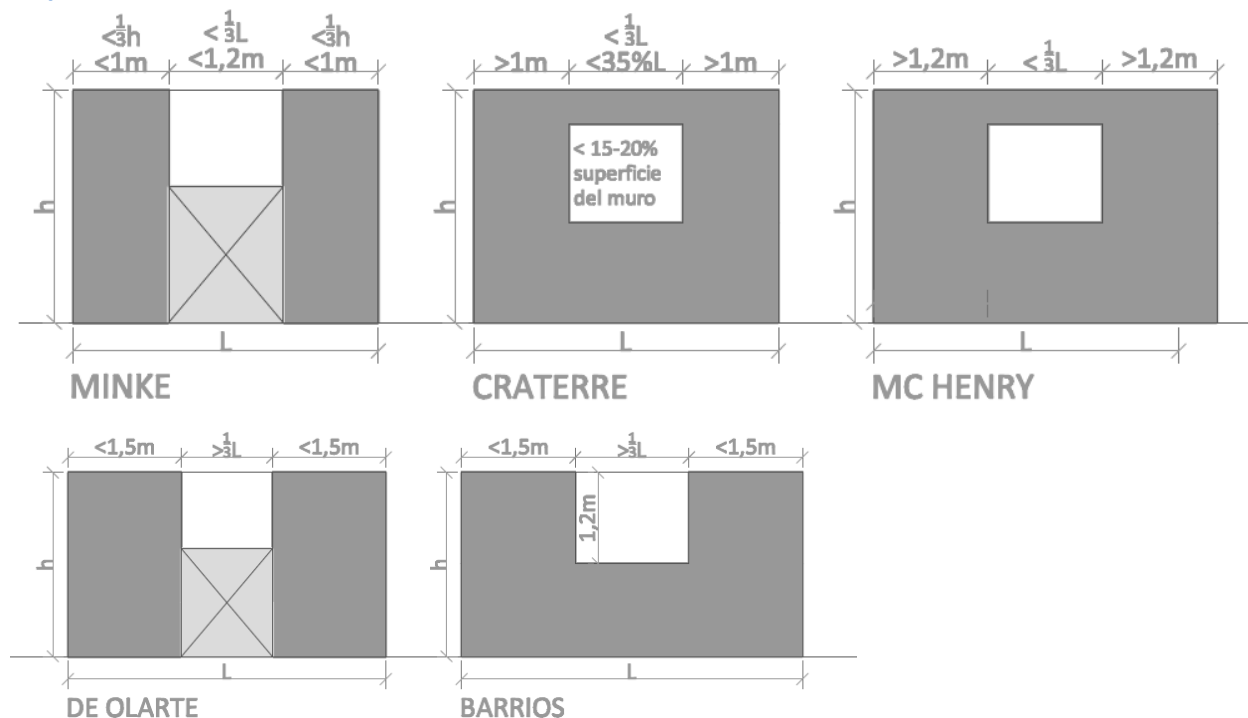
Errores estructurales que provocan riesgo de derrumbe durante el sismo.

1. Ausencia de un refuerzo horizontal (encadenado, collarín o viga cadena).
2. Los dinteles no penetran suficientemente en la mampostería.
3. El ancho de muro entre vanos de la ventana y la puerta es demasiado angosto.
4. El ancho éntrelos vanos de la ventana y la puerta en relación a las esquinas es demasiado angosto. Dibujo
5. Ausencia de un sobrecimiento (zócalo)
6. El vano de la ventana es demasiado ancho.
7. El muro es muy largo y delgado sin tener elementos de estabilización.
8. La calidad de la mezcla del mortero es pobre (con una baja capacidad aglutinante), las uniones verticales no están completamente rellenas, las uniones horizontales son demasiado gruesas (más de 1,5 cm).
9. La cubierta es demasiado pesada.
10. La cubierta tiene un arriostramiento débil con el muro.



Referencia bibliográfica 2

Disposición de los huecos

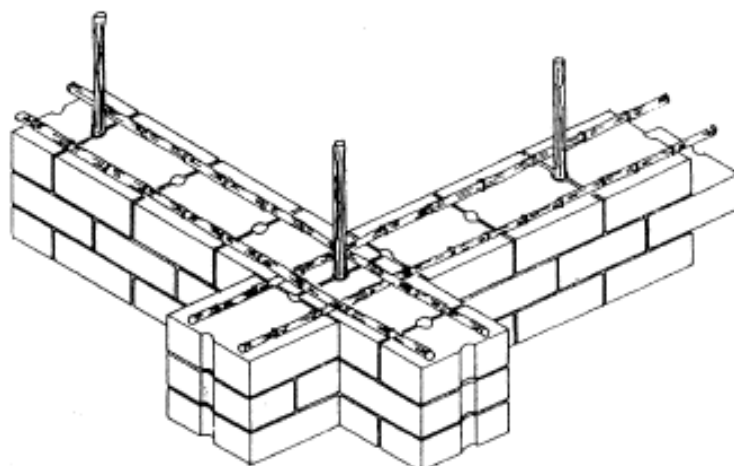


Comparación de dimensiones recomendadas para los vanos (Elaborado según gráfico de Macarena Gaete con datos de Gernot Minke, Instituto CRATERre, Paul Graham Mc Henry, Jorge de Olarte, y Barrios)

DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ADOBE (ref. bibli. 2)

1. Sistema de refuerzos internos

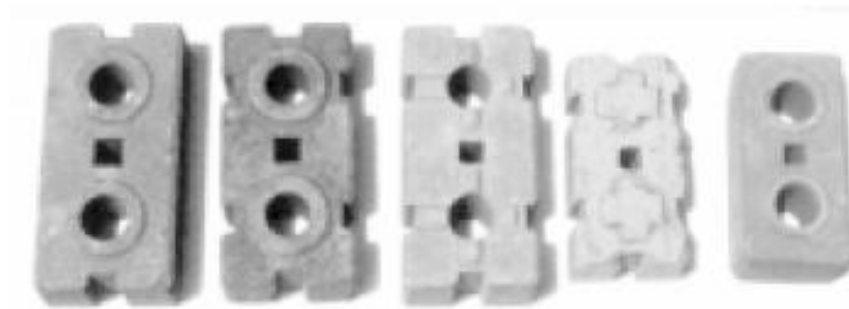
Es un sistema desarrollado por el ININVI de Perú. Consiste en un refuerzo interno para los muros en el que hay dos tipos de adobes, unos tienen ranuras de 5 cm de diámetro en los extremos y otros son mitades de adobes con una sola ranura para obtener la traba. Por estas ranuras atraviesan varillas de caña. Se refuerzan los muros mediante contrafuertes integrados, intermedios y en las esquinas.



Referencia bibliográfica 2

2. Muros de bloques machihembrados

Sistema para construir muros sin mortero con bloques de tierra-cemento que encajan entre sí por medio de un sistema de machihembrado. Estos muros pueden resistir los impactos sísmicos si reciben suficiente carga de la cubierta, si están reforzados por elementos verticales (caña o hierro) en cada intersección y en los espacios intermedios y si estos elementos están arriostrados con el encadenado.



Referencia bibliográfica 2

3. Muros con sistemas de refuerzos horizontales y verticales de hormigón armado

Un método común para la mejora del comportamiento antisísmico de construcciones de mampostería es la utilización de columnas verticales y encadenados horizontales de hormigón armado alrededor de la mampostería. Primero se realiza la mampostería y posteriormente se ejecutan los refuerzos.

DISEÑO SISMORRESISTENTE DE TAPIAL (ref. bibli. 2)

1. Estabilización por la forma

Cada elemento de muro deberá tener forma de **L, T, U, X, Y o Z**, ya que solo con su forma evitan el vuelco.

Cuando el muro está anclado abajo con el cimiento y fijado arriba con el encadenado, es posible utilizar elementos de mayor altura y menor espesor. Pero **la altura el muro no debe ser mayor a 8 veces** el espesor.

Debido a que las fuerzas se concentran en la esquina del ángulo, este tiende a abrirse, por ello es recomendable diseñarlas con un espesor mayor a la del resto del elemento evitando el ángulo recto.

2. Refuerzos internos

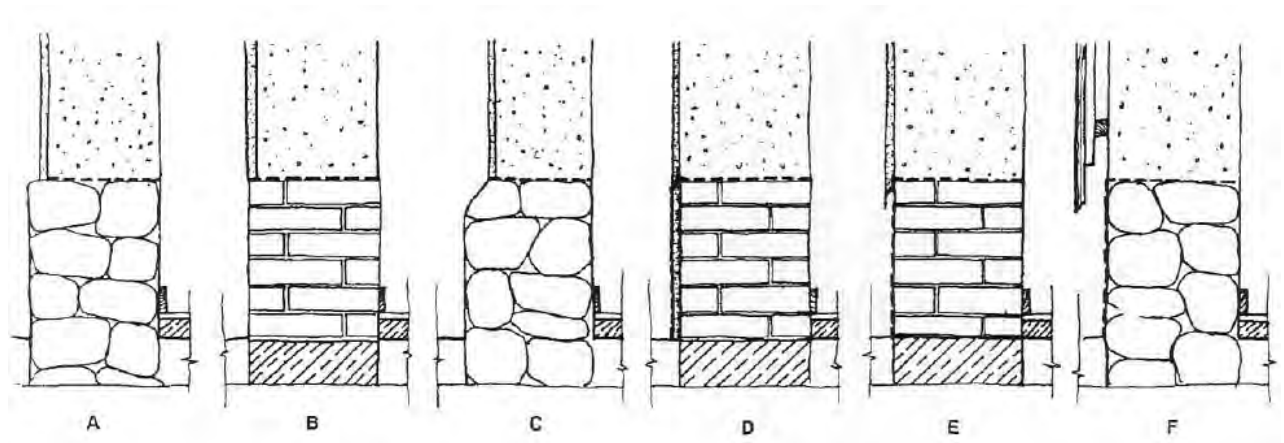
Para estabilizar el muro contra los impactos horizontales del sismo se usan elementos verticales de madera o bambú dentro del muro, anclados con el sobrecimiento y fijados al encadenado.

Los elementos de refuerzo horizontal son poco efectivos e incluso pueden ser peligrosos, debido a que no se puede apisonar bien la tierra debajo de los mismos y ya que el elemento de refuerzo no tiene un anclaje con la tierra se debilita la sección en estos puntos y pueden aparecer grietas horizontales durante el sismo.

CONSTRUCCIÓN

Para garantizar la durabilidad del muro de tierra es importante la protección frente a la humedad. Diseñar aleros para proteger frente a la lluvia y un zócalo que proteja de las salpicaduras y la humedad del terreno.

- A inaceptable
- B y C aceptables en zonas de poca lluvia
- D E y F buenos diseños.



Referencia bibliográfica 1

ACABADOS

La mampostería de **adobes** vistos con superficies o juntas irregulares puede uniformarse fácilmente si se humedece con un paño de fieltro.

Un **muro de barro apisonado** necesita menos trabajo y material que los contruidos con otras técnicas. Normalmente no es necesario revocar un muro de barro apisonado. Se puede obtener fácilmente una superficie lisa en la que se puede aplicar pintura, frotando la misma con un fieltro inmediatamente después desmontar el encofrado. Si la pared ya se ha secado, entonces es necesario humedecerla antes del frotado. Si una superficie exterior tratada con esta técnica, se protege de la lluvia con un alero y de las salpicaduras con un zócalo, entonces un revestimiento de pintura es suficiente protección hacia las inclemencias del tiempo.

Un revoque con cemento no es recomendable debido a que interfiere en la posibilidad del muro de balancear la humedad interior del aire. En lugar de esto se puede aplicar una capa de lechada de barro estabilizada con cal.

EVALUACIÓN DEL SISTEMA

VENTAJAS

- **La tierra es un material natural y reutilizable.**
- **Es barato**, sobre todo si se puede utilizar el material local
- En la construcción con tierra se emplea **muy poca energía**
- **Facilita la autoconstrucción**
- **Características técnicas.** Buena resistencia a compresión, aislamiento térmico y acústico e inercia térmica.
- **Ventajas del tapial frente al adobe.** La ventaja del tapial respecto al adobe es que al resultar una construcción monolítica, tienen mayor resistencia y durabilidad.
- **Ventajas del tapial frente a la técnica del bajareque** (debido a la utilización de barro en estado húmedo) la ventaja del tapial es una retracción mucho menor y una resistencia mayor.

INCONVENIENTES

- **Durabilidad.** Puede tener problemas de durabilidad si no se le da mantenimiento, sobre todo si se expone al agua.
- **Características técnicas.** No tiene resistencia a tracción.
- **Gran espesor de los muros**, que disminuye el área útil.
- **Prejuicios sobre su eficacia, resistencia y durabilidad.**

BIBLIOGRAFÍA**PUBLICACIONES:**

- 1 Gernot Minke: *Manual de construcción en tierra*, Montevideo, 1994, Editorial Nordam-Comunidad
- 2 Gernot Minke: *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*, Kassel, 2001, Universidad de Kassel
- 3 Julián Salas Contreras (coordinador): *HABITERRA, exposición Iberoamericana de construcción de tierra*, Bogotá, Colombia. Escala revista de arquitectura fondo editorial taller litográfico.
- 4 Ministerio de Obras Públicas y Transportes: *Bases para el diseño y construcción con tapial*, Madrid, 1992, Centro de publicaciones secretaría general del ministerio de obras públicas y transportes.
- 5 Varios autores: *Curso de construcción con tierra (III). Nuevas aplicaciones de la tierra como material de construcción*, Madrid, 2001, E.T.S. Arquitectura de Madrid
- 6 Johan Van Lengen: *Manual del arquitecto descalzo. Cómo construir casas y otros edificios*, Bogotá, 2003, Alfaomega Colombiana
- 7 Wilfredo Carazas Aedo, Alba Rivero Olmos: *Bahareque: una guía de construcción parasísmica*, Villefontaine Cedex, Francia, 2002, Ediciones CRATerre
- 8 Pedro Lorenzo Gállico (Coordinador y redactor general): *Un techo para vivir: Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED

ENLACES:

Universidad de Kassel: <http://cms.uni-kassel.de/asl/start.html>
The California Institute of Earth Art and Architecture: <http://calearth.org/>
Adobe International INC (maquinaria para producir adobes): <http://www.adobe-block.com/>
Rammed earth (fotos de obras en tierra): <http://rammedearth.davis.net.au/>
Tesis chilena sobre construcción con tierra
<http://www.plataformaarquitectura.cl/2010/04/17/estrategias-morfologicas-de-diseno-sismo-resistente-para-la-construccion-contemporanea-en-tierra-portante/>

Ficha elaborada por Cristina Blanco Montero y Paula Morales Pereira, durante su estancia en Guatemala, en el [Proyecto de Conocimiento de la Realidad](#) [PCR], dentro del Proyecto de [ASF/ASIAPRODI](#): Mejora de las condiciones de habitabilidad básica en el marco del Programa Oxlajuj Tz'ikin