

Tecnología y construcción con tierra

Graciela María Viñuales

La forma de trabajar la tierra en la construcción tiene puntos de contacto con otros sistemas y técnicas del ladrillo, la piedra y el hormigón. Pero por no conocerse suficientemente lo que se puede hacer con los materiales naturales, queremos acá hacer algunas explicaciones. La tierra en la arquitectura está presente desde las primeras manifestaciones constructivas del hombre y tiene lugar en casi todas las regiones de clima cálido y templado, con una incidencia algo menor en lugares fríos.

Los materiales disponibles y las formas de expresión de las distintas culturas generaron diversas técnicas constructivas que emplearon tierra con exclusividad o en combinación con otros materiales de procedencia animal, vegetal y mineral. De todas las variedades que se han dado, la mayoría de las cuales continúa en vigencia, podemos hacer una clasificación general que nos permitirá el estudio de sus características, ventajas e inconvenientes. Para eso hemos dividido este tipo de construcciones en tres grandes grupos:

- Tierra apisonada
- Tierra con entramado
- Albañilería

Sistemas constructivos

Analizaremos entonces los sistemas según los tres grupos citados arriba, agregando otras disposiciones donde actúa la tierra, sea como principal componente, sea como complemento de otros materiales.

Tierra apisonada

Este sistema, normalmente llamado tapia o tapial en Latinoamérica, fue usado con anterioridad a la

llegada de los conquistadores, quienes a su vez también lo utilizaban en su lugar de origen. Consiste en apisonar tierra húmeda dentro de unos moldes deslizantes e ir de este modo formando las paredes de la construcción. Debe sin embargo tenerse en cuenta que a veces se los nombra como “adobones”, lo que puede llamar a confusiones con sistemas de albañilería.

Por sus mismas características exige que todos los muros se levanten en forma simultánea y que se vayan armando las aberturas desde un principio. Por la misma razón, se hacen muy difíciles las intervenciones posteriores.

En épocas coloniales no se formaban los vanos con anterioridad, sino que se incluían los dinteles en el lugar conveniente y al llegar a la altura de techos se perforaban las aberturas por medio de barras metálicas. No sabemos si aún se mantiene esta práctica.

La forma correcta de construir la tapia es colocando todo el encofrado a lo largo de los muros, con una altura lógica como para poder trabajar entre ellos, aceitar los lados interiores que serán de madera muy bien estacionada y mantenerlos bien firmes en toda su extensión, triangulando las esquinas y apuntalando por secciones. En general, las condiciones del encofrado no difieren mayormente de las de un encofrado de hormigón armado.

Se va entonces distribuyendo la tierra húmeda dentro, sin superar los 7 cm de altura en cada capa y se va presionando con golpes de pisón con caída desde 30 cm. Al notar un cambio de ruido y que el pisón no deja marca, se continúa con la sección siguiente. Así se va trabajando en todo el perímetro hasta completarlo. Luego se agrega otra capa de tierra y se continúa con el apisonado, siempre siguiendo el mismo sentido a lo largo del



Figura 1:
Vista general de un muro de tapia en construcción.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 11).

Figura 2:
Tapialeros trabajando la primera hilada de una esquina.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 12).

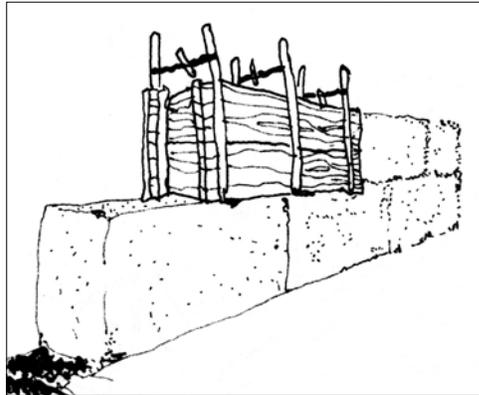


Figura 3:
Hechura de tapias.

Fuente:
Fondo Ernesto Vautier, Colección CEDODAL, Buenos Aires.

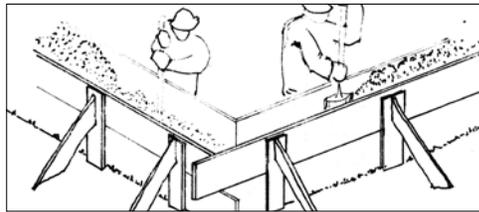


Figura 4:
Obra de tapia en la Cervecería Tamayo, Medellín, Colombia.

Fuente:
Fondo Postales, Colección CEDODAL, Buenos Aires.

encofrado. Cuando el molde se rellena casi hasta el borde superior, se deslizan los encofrados hacia arriba, limpiándolos y aceitándolos nuevamente, manteniendo todas las condiciones de firmeza necesarias.

Figura 5:
La Cervecería Tamayo terminada, Medellín, Colombia.

Fuente:
Fondo Postales, Colección CEDODAL, Buenos Aires.



Figura página anterior:
Construyendo la Estación Científica de la Reserva de la Biósfera Laguna de Pozuelos, MAB UNESCO, altiplano de Jujuy, Argentina, 1996.

Autor:
Rodolfo Rotondaro.

Lo más conveniente es hacer –además del deslizamiento en altura– un deslizamiento horizontal que permita que las uniones verticales de las tablas no sean coincidentes. Así se continuará –siempre preparando los vanos– hasta la altura de los dinteles. Entonces se colocarán éstos suficientemente apuntalados y se proseguirá hasta el nivel de techos.

Al terminar cada hilada se deberán hacer surcos de 10 a 15 mm que ayudarán a unir la hilada siguiente. Se han encontrado casos en que la tierra tiene algo de paja, lo que puede actuar como un armazón y ayudar químicamente en el proceso, aunque ello puede tener inconvenientes secundarios. El tenor de agua no será muy grande, ya que la compacidad será dada con el apisonado y, permitiéndose un secado rápido, se conseguirá colocar la capa siguiente en forma inmediata. Si el sonido que da el pisón –por muchos golpes que se den– no llega a ser claro y seco, es porque la mezcla contiene mucha agua.

Evidentemente, no se puede dar una fórmula en peso o volumen, ya que ella dependerá de la calidad de la tierra empleada y de los posibles agregados. De todos modos se deberá tener presente que cuanto más fina sea la tierra, mejor. Para saber la cantidad de agua óptima, pueden hacerse pruebas sencillas.

Se toma un puñado de mezcla, se aprieta en la mano y se deja caer desde la altura de un metro. Si el puñado apretado en la mano conserva la forma y no se adhiere, y si al caer en el suelo se parte en trozos, la cantidad de agua es correcta. Si en la mano se adhiere y mancha, y si al caer no se rompe es que está muy mojada. Si, por el contrario, no mantiene la forma de la mano y al caerse se pulveriza, es que está seca.

Se podrán conseguir mejoramientos con pisón neumático y vibrador, que dan un impacto regular a lo largo de todo el trabajo –ya que el manual depende del cansancio del obrero– y permiten hiladas de mayor altura.

Este sistema tiene algunas variantes dadas por el uso de encofrados sobre guías verticales incluidas en el muro –que se pierden–, de las cuales, si bien dan mayor seguridad de plomo, resultan paredes menos fuertes. Asimismo, en algunas zonas de Europa se agregan en el interior mallas de alambre que permiten, por su armado, grosores menores de muro. También se han usado encofrados metálicos, dando menos porosidad al material, pero con dificultades de recuperación

y reutilización de los moldes. Sin embargo, sea con uno u otro sistema, si las guías se preparan al principio cubriendo todo el alto hay menos probabilidades de perder el plomo.

Pueden, igualmente, hacerse otros agregados para mejorar la calidad de la mezcla, la adherencia entre capas y la mayor liviandad del muro. Ello se consigue mediante diferentes métodos que varían de una región a otra, teniendo como ejemplos el uso de arenas, piedras menudas, teja partida, fibras vegetales o animales, excrementos y calizas, entre otros.

En general, el muro puede permanecer sin revoque y sin encalado, pero la inclusión de éstos mejora sensiblemente su conservación. Comúnmente se encala sin revocar, pero es de rigor una protección contra las lluvias directas por medio de aleros, o al menos de albardas, cuando se trata de muros aislados.

Tierra con entramado

Dentro de esta clasificación reunimos técnicas que consisten en armar una trama que luego es embarrada para formar el paramento.

Con los nombres de estanteo, quincha, bahareque o bajareque, se conoce un sistema consistente en un armazón de maderas o cañas generalmente dispuestas en dos sentidos –horizontal y vertical o cruce de diagonales– que corre entre los pies derechos que forman la estructura independiente.

Se habla de estructura independiente ya que, por su misma calidad, el muro no adquiere más resistencia que la de mantenerse a sí mismo. Dadas estas condiciones, el sistema es muy utilizado en climas cálidos ya que permite armar techados –como primer cobijo– y luego, poco a poco, ir armando las paredes a medida que se va recogiendo material.

El entramado se hace de rollizos, tablas, ramas o cañas. También es muy usada en la zona del nordeste argentino la palmera cortada en tablas, pues el propio rollizo ya es usado en la estructura portante. Hay también entramados tejidos *in situ* o prefabricados, trabajados en forma similar a los canastos. Es común en Santiago del Estero y el oeste chaqueño el uso de palos a pique con intersticios rellenos de mazorcas de maíz secas.

En ciertas regiones africanas –y en zonas argentinas, como la de Mendoza– se utilizan

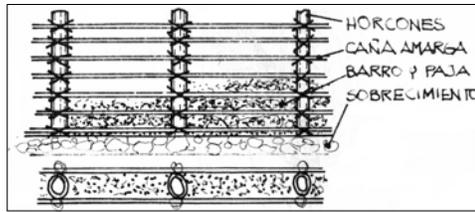


Figura 6:
Planta y alzado de un muro de quincha.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 38).

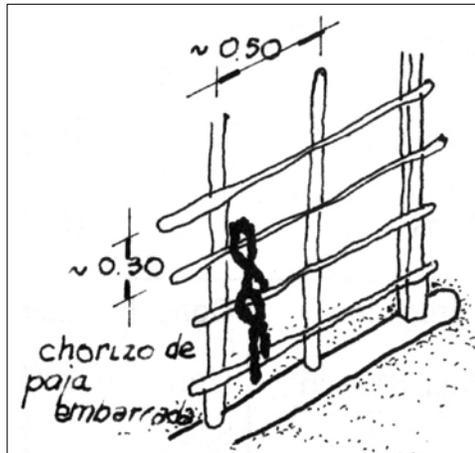


Figura 7:
Entramado de un muro de chorizo.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 72).

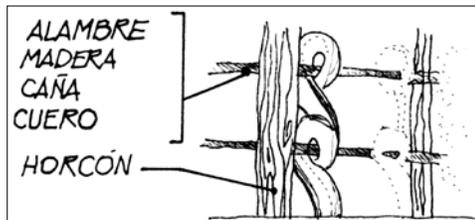


Figura 8:
Detalle de colocación de los chorizos.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 72).

largas cañas flexibles que permiten armar entramados abovedados, que son autoportantes, pero en nuestro país no sabemos que se tenga experiencia de ello.

Una vez armada la estructura principal, se procede a construir la trama que irá apoyada o amurada a aquélla y luego se hace el embarre. Éste se hará con una mezcla de tierra y agua, colocándose a veces excrementos animales, generalmente equinos. Cuando ello no es posible por la escasez, se tiende a hacer un barro simple y luego colocar la bosta en la última capa a modo de revoque, especialmente hacia el exterior.

Como en otros sistemas, la calidad de la tierra podrá ser mejorada con el agregado de fibras o aligerada con arena, pero todo ello responderá a las condiciones de los materiales a disposición.

El embarre se irá haciendo de ambos lados y por capas sucesivas comenzando de abajo y continuando con todo el perímetro, o todo a lo largo de la pared, si se construye una sola. Como ya dijéramos, este sistema permite la factura por tramos y el agregado de tabiques posteriormente, así como la eliminación de los existentes sin perjuicio de los demás, ya que no sólo son inde-



Figura 9:
*Casa de bahareque
y techo de torta en
Paraguana, Venezuela.*

Fuente:
Colección CEDODAL,
Buenos Aires.

Autor:
Ramón Paolini.

pendientes, sino que el entramado los hace más elásticos y capaces de aguantar asentamientos diferentes. Por eso mismo, se ha usado esta solución en zonas sísmicas con notable éxito.

El tenor de la humedad del barro será mucho mayor que el de la tapia y dependerá también del tipo y grosor de la trama por cubrir. A posteriori, puede hacerse una capa de revoque y si se encala se conseguirá también mayor durabilidad. Asimismo será importante contar con una protección que aleje las aguas de lluvia, como un alero, ya que este tipo de pared es muy sensible a las mojaduras, no así a la humedad ambiente.

En ciertas zonas –la ciudad de Lima es un ejemplo– se ha utilizado este sistema y, por medio de cuidadosos trabajos, se ha llegado a hacer todo tipo de molduras y relieves.

Otro sistema de construcción que usa el entramado es el que conocemos en la Argentina con el nombre de chorizo o enchorizado. Como el anterior, consta de una estructura independiente sobre la que se adosa una trama, pero ésta tiene características diferentes. El enrejado del chorizo tiene principalmente elementos horizontales, colocándose cada tanto algunos verticales, siempre que sean realmente necesarios.

Tradicionalmente, entre uno y otro pie derecho se colocaban dos o tres elementos verticales perforados que permitían cruzar por ellos palitos o cañitas que armaban el sistema horizontal. Actualmente el uso de alambre ha simplificado la factura, ya que se atan de un pie derecho al otro alambres horizontales bien tensados que hacen innecesario el uso de parantes perforados.

Armada la trama, se amasan en el suelo los chorizos de unos 60 cm de longitud y del grosor que permita la calidad del material. El amasado se hace con barro y fibras –normalmente vegetales– sin cortar. Lógicamente, de su longitud dependerá el largo de los chorizos y, por ende, el de la separación de los alambres. Cuando el largo de la paja es muy pequeño, suele mantenerse la raíz, lo que permite abrir la planta quedando la

raíz en el centro del chorizo y por lo tanto el rendimiento en longitud es doble. Si se utiliza este sistema, debe tenerse bastante experiencia en el manipuleo, ya que el chorizo tiende a disgregarse en el centro.

Cuando el chorizo está armado, éste se cuelga de un alambre cruzando las puntas por debajo del siguiente, armándose así un lazo en forma de 8. Inmediatamente se arma otro por debajo y se coloca al lado tocándose, para que ambos fragüen juntos. Para un buen trabajo es necesario colocar los chorizos bien apretados entre sí, uno colgado junto al otro. En realidad, se colocan primero los de la hilada inferior y luego los de las demás hiladas hacia arriba. Debe tenerse el cuidado de que los chorizos de cada nueva hilada se traslapen sobre la anterior. Con la mano van trabajándose los traslapes a fin de dar una superficie continua. Una vez terminado el enchorizado de todo el tramo del muro –y una vez seco– se procede al embarrado y, eventualmente, al encalado.

Puede el barro tener agregados diversos o bien hacerse éstos en el embarrado final. La protección requerida es similar a la del trabajo general del estanteo. En ambas, la colocación de una galería perimetral garantiza una buena duración.

Lo que tiene de ventaja el chorizo sobre otro tipo de entramado, es que su estructura no se deteriora y puede llegar a reutilizarse después de haberse quitado los chorizos estropeados. Y como el estanteo, permite el armado por partes y aun el desarme con posibilidad de recuperación de alambre.

A estos entramados descritos podríamos agregar muchos otros que nuestra América muestra en sus distintos rincones. En el fondo es lo mismo: una estructura que se rellena con materiales diversos entre los que la tierra es el principal y será el elemento de terminación. Se ve en los rellenos desde las mazorcas de maíz ya nombradas, hasta piedras menudas, cáscaras de coco, restos de canastos, pedazos de ollas rotas, pelotas hechas de fibras vegetales y barro, y huesos de animales, entre las variedades de lo que se encuentra y se obtiene con facilidad en el lugar.

La formación de vanos en estas construcciones con entramado, debe hacerse al ser elaborado el armazón, generalmente cruzando a modo de dintel un grupo de alambres –de púa, mejor– o simplemente una madera. En cualquiera de las

soluciones el dintel correrá entre los pies derechos, aunque sólo se abra un vano pequeño. Las jambas se formarán con parantes de madera que permitirán interrumpir los elementos horizontales en la abertura.

Existen, sin embargo, soluciones simples para pequeñas aberturas: incluyendo una horqueta o un pequeño marco de palos en el entramado, se consigue interrumpirlo y lograr así un ventanuco que permitirá las corrientes de aire y la salida del humo. El cerramiento se hará por una arpillera colgada o –como es común en la zona guaranítica– con un pedazo de lata que se coloca del lado de afuera y se mantiene en el lugar por medio de un palo afirmado en el suelo en forma de puntal inclinado.

Dentro de estos sistemas se encuentra también el techado de torta, tan difundido en las zonas áridas y semiáridas, que evolucionó desde un simple apilamiento de tierra sobre un entramado hasta la formación orgánica de una estructura con el agregado de un barro concientemente amasado y preparado. Al enmaderado –similar al de un techo de teja– se le superpone el entramado formado por cañas, tablones –es muy usado el cardón–, ramas, paja, etc. Cuando por razones pluviales comienza a tener pendientes pronunciadas, se recurre a expedientes diversos en los extremos: tanto pueden ser lajas, cuanto cenefas de tablas, siempre buscando que el agua no lave la torta.

De todos modos es necesario un periódico entorte para el buen desempeño del techo. Cada vez que se coloca –tanto la primera, cuanto las renovaciones– se acomoda el embarre general amasado con guano y paja, dando finalmente una capa delgada de tierra fina a modo de acabado.

Alrededor de 1990, Rodolfo Rotondaro estudió en el norte argentino nuevas formas de hacer los techos de torta para lograr mayor durabilidad. Los resultados han sido ya publicados y los sistemas están aplicándose en otros países del área.

Albañilería

En general a los mampuestos crudos se los llama adobes o ladrillos crudos, pero a esta primera variedad deben agregarse otras más o menos elaboradas que permiten la preparación de bloques que luego serán empleados. Por esa razón del uso diferido, necesitan un lugar de almacenamiento que en los otros sistemas no se necesitaba.



Figura 10:
Ensayos de muros de adobes.

Fuente:
Fondo Ernesto Vautier,
Colección CEDODAL,
Buenos Aires.

Para formar tales bloques, la forma más difundida consiste en armar un molde que se rellena con barro, se desmolda y se deja secar hasta ser usado. El mayor o menor tiempo de secado dependerá de la calidad de la mezcla, las condiciones climáticas y la dimensión de la pieza. Estos bloques –conocidos genéricamente en los países de habla hispana con el vocablo de ascendencia árabe: adobe– eran usados en América en la época precolombina. En el incanato se llamó *tica*, denominación que aún se mantiene en la zona de influencia quechua –especialmente en Santiago del Estero–. Hay también nombres regionales como tabique y zabaleta, entre otros.

El estacionamiento será de unos 28 días, aunque en algunos lugares llega a dos meses. En un lugar podrá hacerse a pleno sol, aunque lo normal es que se haga a la sombra y en corrientes de aire. Asimismo se recomendará el uso de arenas, de estiércol o de otros agregados. De ello se desprende que en cada lugar donde se deba hacer adobe, se tendrá en cuenta la costumbre lugareña y se estudiarán los resultados obtenidos, aunque en general pueden darse algunas pautas comunes.

En cuanto a las dimensiones, en el Cusco se han encontrado piezas de 1,20 m de largo, mientras que en la huaca de Pando, cerca de Lima, se

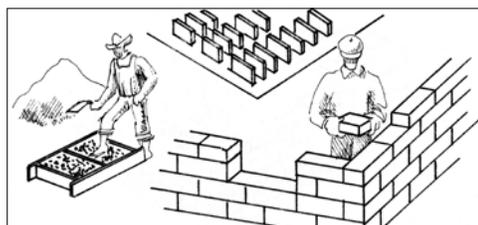


Figura 11:
Moldeado, secado y colocación de los adobes.

Fuente:
Viñuales et al. (1994,
p. 47).

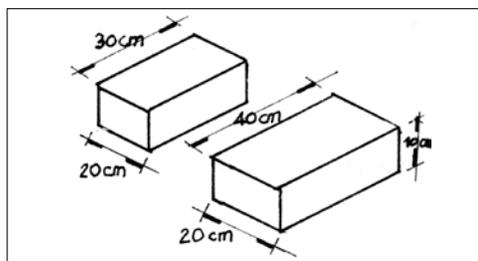


Figura 12:
Medidas típicas de adobes en la zona andina.

Fuente:
Viñuales et al. (1994,
p. 47).



Figura 13:
Hostal –de adobe– en el Valle Sagrado, Cusco, Perú.

Fuente:
Colección CEDODAL, Buenos Aires.

Autor:
Martín Gutiérrez Viñuales.

Figura 14:
Estufas de tabaco –de adobe– en Salamanca, Chile.

Fuente:
Colección CEDODAL, Buenos Aires.

Autor:
Graciela María Viñuales.

vieron elementos pequeños de sólo 15 cm. Pero unos y otros mantienen en general una proporción entre 1:2 y 1:1,5 si comparamos el largo y el ancho, lo que permite aparejarlos. El espesor –que no baja de 6 cm– crece un poco, pero en menor proporción que las otras medidas, sin pasar de 20 cm. Lo importante es que las dimensiones estén en lógica relación entre sí y que el peso y el volumen permitan la manipulación por una sola persona sin fatigarla y sin romperse.

En su composición entran –aparte del barro– el estiércol, la arena, la paja y aun el yeso, teniendo de cada uno mayor o menor necesidad según sean las condiciones de la tierra del lugar.

Luego del amasado pueden hacerse diferentes pruebas para saber si el tenor de humedad es el correcto. Una de ellas es hacer en la superficie de la mezcla un surco de 8 cm de profundidad. Si las paredes del surco se hinchan y tienden a deslizarse una hacia la otra es que la cantidad es correcta. Si se quedan firmes es que es muy seca y si se juntan tiene demasiada agua.

Estas pruebas deberán hacerse una vez que se hayan agregado todos los ingredientes. Así, si utilizamos estiércol, lo mejor será hacer podrir la mezcla durante un día antes de usarla, luego incorporar la paja dejándola otro día en descanso y recién entonces hacer la prueba.

Una vez obtenida la mezcla aceptable, se llenarán los moldes suficientemente aceitados para permitir el desmolde. Para ello será posible hacer moldes múltiples de 4, 6 ó 9 partes que nos darán de una vez varias piezas.

Antes de desmoldarse pueden hacerse con el dedo o con un estampón estrías o dibujos que ayudarán a la adherencia. Esto es interesante especialmente en zonas sísmicas. El sistema de estampón también ha sido utilizado para fechar adobes nuevos introducidos en una restauración, aunque ignoramos si en estudios posteriores será posible releer tal fecha.

Como el adobe es difícil de cortar una vez seco, lo lógico es también tener preparados medios adobes, tercios y cuarterones para organizar los aparejos; por eso es aconsejable diseñar un molde múltiple en el que se incluyan éstos.

En algunas zonas se utilizan plásticos para forrar el interior de los moldes, evitando así el aceitado y logrando una limpieza rápida y un desmolde uniforme. En otros lados se mojan y enarenan para facilitar el deslizamiento. Al llenar el molde debe tenerse cuidado de que no se armen burbujas y de que el material esté despararramado en forma pareja, buscando rellenar bien las esquinas.

El desmolde debe hacerse sobre arena o paja y el adobe no debe tocarse hasta unos cuatro días después. Entonces se le da la primera vuelta, rotando así las caras de exposición hasta que pueda almacenarse. No debe usarse si no está bien seco, por lo cual pueden hacerse pruebas a la compresión.

Tanto su almacenado como el muro hecho con estas piezas requieren una protección importante de la lluvia y la humedad. Por ello, las pilas de adobes deberán estar bien cubiertas para evitar el agua directa e indirecta.

Otro tipo de mampuestos es el logrado con barro amasado con los mismos componentes, pero con menor tenor de agua, y que es amoldado por medio de una prensa. Este sistema fue desarrollado en Bogotá a partir de 1952 por el CINVA. Requiere una prensa manual que puede ser adaptada para formar tejas de material

similar. Por lo general, estas piezas no contienen fibras.

Uno u otro tipo –adobe o bloque prensado– pueden utilizarse con distintos aparejos y trabas, similares a todo trabajo de albañilería. La unión se hará con barro semejante al de las piezas, al que pueden agregarse pequeñas porciones de aglomerante –tradicionalmente cal o yeso–. Se van haciendo las hiladas sin sobrepasar 1 m de altura por día, pues provocaría un asentamiento por el peso propio. Sin embargo, en algunas zonas se aconseja no pasar el medio metro por día, ni 1,20 m por semana.

Cuando hay cruce de paredes debe tenerse presente que los pequeños aplastamientos pueden provocar capas horizontales no coincidentes, siendo preferible levantar todas las paredes a la vez.

Aparte de la clásica utilización en paredes, el adobe puede usarse –como otros mampuestos– en la concreción de estructuras de arco: arquerías, bóvedas, cúpulas. Tanto usando adobes rectangulares, cuanto trapeciales, podrán hacerse diversos concertados que tendrán o no piezas especiales.

El desenvolvimiento del adobe en estructuras a la compresión se manifiesta también en estos sistemas. En general para ellos se emplean masas más livianas, lo que se consigue por un mayor agregado de paja. La mezcla de asiento será algo más seca que la de los muros y no llenará totalmente la junta de los extradós, en donde –en cambio– se harán cuñas de piedritas chatas o pedacitos de tejas.

En Egipto, estos sistemas fueron desarrollados en épocas de Ramsés II, cuyos depósitos construidos en Luxor aún se conservan. Hoy día sigue siendo ésta una disposición usada ya sea con perfiles circulares, parabólicos o peraltados.

En nuestro país tenemos un interesante ejemplo en las Bóvedas de Uspallata, de corte ojival, realizadas con hiladas avanzadas en la cubierta y con adovelado en los arcos torales.

Es importantísimo en este tipo de material colocar revoques y enlucidos, así como es sumamente conveniente el encalar. El hecho de tener piezas y juntas con diferencias de compactación y con un paramento irregular, provoca el estacionamiento del agua, aun la ganada por compensación, lo que origina la disgregación del material.

Asimismo el adobe, por ser poroso, permite el ataque de insectos que arman galerías internas

similares a las de las polillas en la madera y que en poco tiempo pueden causar estragos. Igualmente, el golpe de los vientos es menos tolerado cuando no existe revoque. Estas consideraciones valen también para el interior que recibe humos, grasas, agua de condensación y ataques de insectos y arácnidos.

En algunos lugares los mampuestos se forman con la mano, ya sea como los antiguos cónicos del Perú, ya como los que hasta hoy se utilizan en Ecuador en forma de esferas. Éstos se moldean de manera sencilla y en el mismo momento van colocándose ordenadamente para armar el muro. Las construcciones así levantadas pueden soportar un entrepiso, alcanzando las dos plantas en muchas ocasiones. Por su sistema de elaboración se la conoce como “pared de mano”. En otros puntos del continente se han encontrado casas hechas de modo similar, aunque estimamos que las ecuatorianas son las de mayor calidad.

Queda aún por estudiarse otro tipo de mampuestos de tierra obtenidos en forma directa, a los que se los conoce con los nombres de tepes, champas, cortaderas y raigambres, cuyo uso se extiende por el sur de nuestra Mesopotamia, parte de la pampa húmeda y zonas de la Patagonia, pero que también se usan en muchos otros países.

Se hacen cortando bloques de la camada superior del suelo, que quedan armados por la trama radicular de las gramíneas. Luego los bloques se apilan con pequeña proporción de agua entre ellos y al fraguar el barro superficial quedan unidos.

Deben también embarrarse al final, ya que la falta de revoque provoca el crecimiento de los rizomas contenidos en la tierra pudiendo llegar a reventar los bloques. Es usual colocarlos boca abajo para evitar ese problema, pero si no se protegen siempre hay peligro de crecimiento vegetal. Sin embargo, en zonas de gran sequía se los deja al aire libre y las plantas no crecen, pero sí sufren vientos y ataques de insectos.

En el altiplano peruano hay una zona en que es empleado tradicionalmente para hacer los “putucos”, casas de planta cuadrada y bóveda por hiladas avanzadas, sin cimientado, todo realizado con estas champas. En Bolivia, en cambio, se utilizan bastante con planta circular. Estos muros pueden ser tanto de carga cuanto de simple cerramiento. En el sur de Chile, por ejemplo, hay

depósitos agrícolas con estructura de rollizos que se han terminado con tepes que, para un lego, pueden parecer adobes.

En Ecuador, la técnica se conoce como “cangahua”, término que hace mención a la tierra virgen, sin elementos vegetales. Pero estas piezas normalmente no se cortan de la superficie horizontal, sino que se buscan barrancas, se limpian las primeras capas verticales y se llega a la tierra endurecida, de la que se extraen los pedazos tal como si se tratara de una cantera de piedra.

El “asperón rojo” de la zona guaranítica, que fuera usado en las misiones jesuíticas y cuyo empleo se extendiera a algunas ciudades de la región, es también una tierra endurecida cortada de las barrancas de los ríos. Se trata de una tierra que puede parecer una piedra, pero que aún no ha adquirido las características de lo que la geología denomina roca.

Otros sistemas

En forma más primitiva se ha usado la tierra utilizando los cascarones de barro que se forman al secarse un terreno arcilloso. Tales piezas se apilan con cuidado formando los muros. Otro método sería el de la superposición de capas de barro plástico cuyos bordes excedentes se van cortando con facón antes del secado completo.

Estos sistemas –el de cascarones y el de barro plástico–, tradicionalmente usados por pueblos africanos, pasaron a América, aunque éste es un tema que sólo recientemente está estudiándose. Se recomienda consultar el trabajo de Gunther Weimar, profesor en Porto Alegre.

Tendríamos aquí que dejar enunciados otros sistemas no térreos de por sí, pero que sin embargo usan el barro en escala menor. Ellos serían los de mamposterías cerámicas o pétreas que usan mortero de tierra amasada. En la Argentina está muy difundido el uso del barro para asentar ladrillos, así como para unir piedras. Este último sistema es particularmente utilizado en cimientos. La adherencia lograda es muy buena, aunque necesita un correcto mantenimiento o bien la existencia de un revoque protector eficaz. El expediente normal fue el de rehundir las juntas de barro unos cuantos centímetros y entonces colocar mezcla de cal en esos canales así formados que luego hacían un solo cuerpo con el revoque.

El barro también estuvo presente en varias aplicaciones que han llegado hasta nosotros. Só-

lo agregaremos el asentamiento de tejas, hasta que se difundió el uso del clavado o atado a una pieza maderera.

Ventajas e inconvenientes de cada sistema

Cada uno de los sistemas estudiados presenta una serie de ventajas e inconvenientes que deberán ser correctamente evaluados antes de su uso.

Tierra apisonada

Tiene las siguientes virtudes:

- Homogeneidad del muro.
- Realización de un gran espesor en una sola operación.
- Ningún parásito en los muros.
- Ninguna contracción en el secado.
- Ningún pudrimiento.
- Construcción con poca madera.
- Buena subsistencia frente a los incendios.
- Se necesita mano de obra de calidad en la preparación de los moldes, pero no en el apisonado.
- No se necesita lugar de almacenamiento.
- No necesita gran tiempo de curado.
- Puede quedar sin revoque.
- Si el terreno de fundación es bueno, el desempeño estructural es excelente.
- La durabilidad es equivalente al ladrillo y muy superior al estanteo y al adobe.

Sus inconvenientes son:

- Necesita un secado completo de los muros antes de realizar los suelos o apoyar la cubierta –de lo contrario, resiste mal la compresión–.
- Necesita una protección contra la lluvia durante el período de secado.
- Necesita más mano de obra y de mayor capacidad física.
- Necesita una excelente hermeticidad en los cimientos a fin de evitar las subidas de humedad.
- Las ampliaciones y cambios son difíciles de realizar.
- Presenta dificultades para la restauración.

Tierra con entramado

Sus ventajas principales son:

- Rapidez de ejecución.
- Adaptabilidad a casos de hábitat provisional.
- Independencia de la estructura que:
 - permite flexibilidad arquitectónica y
 - permite protección ya desde su construcción.

Sus principales inconvenientes son:

- Necesidad de protección contra la lluvia durante el período de secado.
- Fragilidad del conjunto.
- Contracción del secado.
- Parásitos que se desarrollan en el entramado.
- Riesgo de incendio.
- Poco aislamiento.
- Necesidad de madera para la estructura.
- Pudrimiento de la estructura en caso de humedad.

Albañilería

Las ventajas de este tipo de construcción son:

- Menos cantidad de mano de obra que la tierra apisonada.
- Rapidez de ejecución una vez dispuesto el material.
- Habitable casi desde que se construye –necesita menos tiempo de secado que la tapia–.
- Realización de aberturas e instalación de trabajos de carpintería en forma más simple que en la tapia.
- Rapidez de acabado por el revoque, ya que se realiza cuando los muros ya se han aireado.

Los inconvenientes son:

- Necesidad de clima relativamente seco para la preparación.
- Menos homogeneidad que la tapia.
- Necesidad de un buen revoque, si no los mampuestos se erosionan.
- Necesidad de una superficie importante para el secado de los bloques.
- Fragilidad del mampuesto, riesgo de roturas.

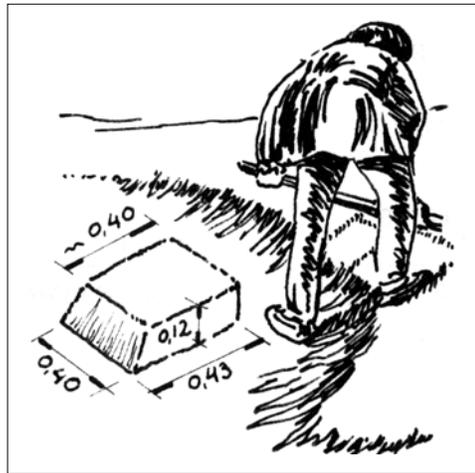


Figura 17:
Cortado de champas y sus dimensiones.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 77).



Figura 18:
Formas de colocación de las champas.

Fuente:
Viñuales et al. (1994, p. 77).

A los panes de tierra tipo champa se les conocen además estas virtudes:

- Rapidez de ejecución.
- Poco lugar para almacenado.

Sistemas térreos en conjunto

Los sistemas de tapia y mampuestos tienen una serie de virtudes generales:

- Excelente aislante cuando es de espesor grueso.
- Masa que permite acumular las calorías, por ello es recomendable cuando se usa energía solar.
- Regulación térmica debida a la inercia de la tierra y que permite un paso de las temperaturas exteriores hacia el interior, lo que es interesante aun en el caso de climas rigurosos.
- Soporta amplitudes térmicas de más de 25°C sin rajaduras.
- Nada de humedad ambiente en el interior.
- Material que transmite mal las vibraciones –aislante acústico–.
- Elasticidad relativa de la masa.

- Material económico si se encuentra en el lugar de construcción, y si se emplea tal cual o con estabilizadores económicos.

Los principales inconvenientes son:

- Tarda en calentarse y tarda en enfriarse, necesita buenos diseños arquitectónicos para evitarlo.
- Sensibilidad importante a la humedad
- necesidad de realizar una perfecta hermeticidad de los revoques, techos y cimientos.
- Sólo trabaja bien a la compresión.
- Necesita una buena distribución de las cargas.

Se excluyen aquí las construcciones con armazón interno, que sólo pueden presentar algunas de estas ventajas, dependiendo ellos del propio entramado interno y del espesor usado.

Combinación de sistemas

Ya fuera para adaptarse a las distintas necesidades, ya fuera por diferentes etapas de la construcción, a veces encontramos en un mismo edificio la combinación de dos o más sistemas. Ellos pueden servir para mejorar las condiciones de ciertas partes del conjunto o para economizar tiempo o mano de obra en otras, pero como toda yuxtaposición de disposiciones presenta problemas de falta de homogeneidad que pueden traducirse en fisuras, agrietamientos y diferencias en el asentado, por ejemplo.

Porque si bien el material básico es el mismo, la forma de combinación con otros ingredientes, la diferencia de amasado y el tenor de humedad en el momento de la construcción pueden llegar a ser factores perturbadores. También lo serán las distintas formas de respuesta frente al clima, los sismos y el mismo envejecimiento, por lo que hay que ser muy cuidadoso al pensar en estas combinaciones, estudiando las maneras de hacerlo correctamente, porque las hay.

Conclusiones

Como vemos, los materiales y las técnicas para utilizar la tierra en la construcción son muchos, y muchas más las combinaciones que aquí no exponemos. La tierra se usa en todos los conti-

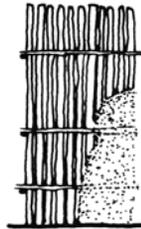
nentes para una gran variedad de pequeñas construcciones populares y de edificios de gran envergadura.

Cada uno de esos lugares se ha apoyado en la sabiduría ancestral para desarrollar su arquitectura. A lo largo de los siglos, la humanidad ha ido mejorando las técnicas y ha reciclado el material de las antiguas construcciones para levantar nuevas obras. Con ello ha logrado evitar daños al ambiente y se ha valido de lo que ese ambiente le ofrecía en un intercambio mutuo hombre-naturaleza. Lo que acabamos de exponer es sólo una presentación de los principales sistemas constructivos que el lector podrá profundizar para obtener toda la riqueza que el asunto promete.

Referencias

- Adobe 90 (1990). *6th International Conference on Conservation of Earthen Architecture. Preprints*. Marina del Rey: Getty Conservation Institute.
- Aparicio, F. de (1937). "La vivienda natural en la provincia de La Rioja. Noticia preliminar". En: *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*. Tomo v. Buenos Aires: Coni.
- Aparicio, F. de. (1969). *Tipos predominantes de vivienda natural en la República Argentina*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Chalon, P. F. (1982). *El arte de construir de los antiguos peruanos*. Lima: Galland y Henriod.
- Di Lullo, O. y Garay, L. G. B. (1969). *La vivienda popular de Santiago del Estero*. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Fathy, H. (1975). *Arquitectura para los pobres*. México: Extemporáneos.
- Salas, J., Pereira, H. y Escobar, C. (1994). "Habiterra". En: *Catálogo de la Exposición de Construcciones con Tierra en Iberoamérica*. Bogotá: Escala- CYTED.
- 1º SIACOT (2002). *Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra. Anais*. Salvador: Projeto PROTERRA-CYTED.
- International Symposium on Earth Architecture* (1985). Beijing: Architectural Society of China.
- Perú, Ministerio de Vivienda y Construcción (1977). *Diseño y construcción con adobe estabilizado*. Lima.

- Perú, Ministerio de Vivienda y Construcción (1978). *Mejores viviendas de adobe*. Lima: Industrial gráfica.
- Perú, Ministerio de Vivienda y Construcción (1978). *Normas para núcleo básico de vivienda unifamiliar*. Lima.
- Rotondaro, R. (1990). "Alternativas tecnológicas para punas y quebradas". *Thema*, 11-12: 33-36.
- Rotondaro, R. y Rabey, M. A. (1985-1986). "Techos de tierra mejorados: un experimento tecnológico en la puna jujeña". *Arquitectura y Construcción*, 42: 18-21; 43: 29-31; 44: 28-30; 46: 18-21.
- Rotondaro, R. y Rabey, M. A. (1988). "Experimento tecnológico sobre techos de tierra mejorados en la Puna jujeña de la región andina". *Foco de Tecnología Apropiable*, 26. Santo Domingo, República Dominicana.
- Summa. Colección Temática. 19* (1987, junio). "Arquitecturas de tierra cruda y cocida". Buenos Aires.
- Terra 93 (1993). *7ª Conferência internacional sobre o estudo e conservação da arquitectura de terra. Comunicações*. Lisboa: Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais.
- Viñuales, G. M. (1981). *Restauración de Arquitecturas de Tierra*. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Viñuales, G. M. et al. (comp.) (1994). *Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica*. Buenos Aires: CYTED.
- Vº SIACOT (2006). *Seminário Ibero-Americano de Construcción con Tierra* Mendoza: INCIHUSA.
- Weimer, G. (2006). *Arquitetura popular brasileira*. São Paulo: Martins Fontes.



Tecnología y construcción con tierra

(págs. 220-231)



Graciela María Viñuales

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina
cenbarro@interserver.com.ar

Arquitecta de la Universidad de Buenos Aires con especialización en Restauración de Monumentos del Proyecto PER 39 de la UNESCO, Cusco, y doctora en arquitectura de la Universidad Nacional de Tucumán. Trabaja en temas de historia de la arquitectura, conservación del patrimonio arquitectónico, arquitecturas de tierra y léxico de la edificación, con particular interés en el ámbito iberoamericano. Es docente en las universidades de Buenos Aires, del Nordeste, de Mar del Plata, Argentina, y Pablo de Olavide, España, entre otras. Ha participado y presentado trabajos en reuniones científicas de diversos países, siendo organizadora de varios de estos congresos. Dirigió y fue residente de obra en proyectos de restauración, entre los que se destacan la Casa del Cable en Carúpano, Venezuela, el Colegio de San Bernardo en el Cusco, Perú, la Capilla de Federación, Argentina, y el Convento de San Carlos en San Lorenzo, Argentina. Ha publicado más de cincuenta libros y un centenar de artículos en publicaciones periódicas de América y Europa. Actualmente es investigadora principal del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Argentina, CONICET; Asesora Emérita de la Comisión Nacional de Museos, Monumentos y Lugares Históricos de la Argentina, y Fundadora y Vicedirectora del Centro de Documentación de Arquitectura Latinoamericana, CEDODAL, Buenos Aires.

Recepción

12 de febrero de 2007

Evaluación

23 de noviembre de 2007

Aceptación

21 de enero de 2008

Resumen

La forma de trabajar la tierra en la construcción tiene puntos de contacto con otros sistemas y técnicas del ladrillo, la piedra y el hormigón. Pero, por no conocerse suficientemente lo que se puede hacer con los materiales naturales, queremos acá hacer algunas explicaciones. La tierra en la arquitectura está presente desde las primeras manifestaciones constructivas del hombre y tiene lugar en casi todas las regiones de clima cálido y templado, con una incidencia algo menor en lugares fríos. Los materiales disponibles y las formas de expresión de las distintas culturas generaron diversas técnicas constructivas que emplearon tierra con exclusividad o en

combinación con otros materiales de procedencia animal, vegetal y mineral. De todas las variedades que se han dado, la mayoría de las cuales continúa en vigencia, podemos hacer una clasificación general que nos permitirá el estudio de sus características, ventajas e inconvenientes. Para eso hemos dividido este tipo de construcciones en tres grandes grupos: tierra apisonada, tierra con entramado y albañilería. Analizaremos entonces los sistemas según los tres grupos citados, agregando otras disposiciones donde actúa la tierra, sea como principal componente, sea como complemento de otros materiales. Pasaremos revista a las principales ventajas y a los inconvenientes de la arquitectura de tierra y a cada uno de los sistemas. A ello agregaremos una bibliografía básica que ayudará a profundizar en el asunto.

Palabras clave del autor

Tierra, tapia, adobe, quincha, bahareque.

Descriptores*

Construcciones de adobe - Investigaciones
Materiales de construcción - Investigaciones
Bahareque

Technology and construction with earth

Abstract

The ways of using earth to build have points of contact with other systems and techniques such as bricks, stone and reinforced concrete. However, as the uses of natural materials are scarcely known, we intend to put forward some explanations in this article. Earth has been present in Architecture since the first human building manifestations and occurs in almost any region of warm or temperate climate and is less present in cold weather places. The materials available and the form of expression of different cultures gave raise to a variety of building techniques that use only earth or combine it with other animal, vegetal or mineral materials. Taking all these varieties, the majority of which is still in use, it is possible to make a general classification that allows us to explore its characteristics, advantages and inconveniences. For such purpose, we have divided these kinds of construction into three groups: rammed earth, wattle and daub and brickwork. Therefore, we will analyze these systems according to the three mentioned groups, adding some other applications of earth either as the main component or as a complement of other materials. We will look over the main advantages and inconveniences of earth architecture in each of the systems. At the end we include a basic bibliography to enhance further knowledge of the theme.

Author Key Words

Earth, rammed earth, adobe, mudbrick, quincha, wattle and daub.

Key Words Plus*

Building, adobe - Research
Building materials - Research
Bahareque

* Los descriptores y key words plus están normalizados por la Biblioteca General de la Pontificia Universidad Javeriana.