

Técnica constructiva con tierra compactada, tecnología sostenible sin explorar

Andrés Mauricio González C.*

Resumen

El uso de la tierra como material de construcción tiene su origen en el inicio mismo de la humanidad y ha demostrado a través de la historia ser uno de los pocos materiales que combinan de forma exclusiva la capacidad térmica y acústica. La mayoría de los tipos de tierra es apropiada para trabajar como material de construcción, razón por la cual en el mundo se han desarrollado una gran variedad de técnicas constructivas. Una de ellas consiste en combinar una fuerza de compactación sobre la tierra debidamente humedecida y mezclada con un agente estabilizante, denominada *técnica constructiva con tierra compactada*. Esta compactación permite controlar las deficiencias del material y a la vez mejorar sus propiedades mecánicas. A pesar de las ventajas demostradas de este material y de esta técnica para la construcción de viviendas, en Colombia la evolución y su perfeccionamiento han sufrido un estancamiento. Esto se ha aunado al olvido de las instituciones universitarias que son las encargadas de investigar y profundizar en este tipo de técnicas que, por su sencillez y bajo costo del material, entre otras ventajas, se convierte en una buena alternativa para hacer frente al déficit de vivienda para personas de bajos recursos en el mundo.

Palabras clave: tierra, construcción, bloques de tierra compactada.

Recibido: 27 de octubre del 2011

Aceptado: 10 de abril del 2012

* Arquitecto y magíster en construcción, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en docencia universitaria. Experiencia en construcción de vivienda, contratación estatal y consultor en proyectos ambientales. Investigador en el tema de la tierra como material de construcción. Docente catedrático de varias universidades en las áreas de técnicas y taller. Registrado en la página del *Curriculum Vitae* Latinoamericano y del Caribe, CvLAC. Correo electrónico: magonzalez@unisalle.edu.co.



Construction Techniques with Compacted Soil, Unexplored Sustainable Technology

Abstract

The use of land as building material has its origins in the beginning of humanity and has proven to be one of the few materials that exclusively combines the thermal and the acoustic capacity. Most types of soil are suitable as construction material, which is why the world has developed a variety of construction techniques. One of them consists of combining a compacting force over the earth which must be appropriately moistened and mixed with a stabilizing agent called the *constructive technique with compacted land*. This compaction allows to control of deficiencies in the material and at the same time it improves the mechanical properties. Despite the advantages of this material and this technique in constructing homes and buildings, in Colombia further developments have stagnated. This has coupled with neglect from university institutions, which are responsible for researching and deepening these techniques, which, due to the simplicity and low cost of the material become a good alternative given the lack of housing for poor people in the world.

Key words: Land, construction, compacted land blocks.

Formas de BTC.

Fuente: Andrés M. González C.



Foto 1. Muros de adobes de la ciudadela de Chan Chan.

Foto: Lizardo Tavera, en <http://www.arqueologia.com.ar/peru/>

Introducción

La tecnología de la construcción con tierra se desarrolló por prueba y error desde los orígenes primitivos de la humanidad. La necesidad, el tiempo y la rápida disponibilidad de materiales fueron los ingredientes principales en su desarrollo. Con su ingenio natural, el hombre diseñó formas para su utilización que varían desde las muy simples hasta las de increíble complejidad, que fueron adaptadas al ambiente particular en que vivía.

Hay vestigios de construcciones con tierra que datan de hace 8000 años, cuando surgieron civilizaciones en todos los continentes con nuevas maneras de emplear la tierra como material de construcción. Ejemplos representativos se encuentran en África, en especial en Egipto, donde civilizaciones asiáticas como la caldea, sumeria, asiria y babilonia emplearon mampuestos de barro crudo secados al aire. Esta técnica de fabricar mampuestos con barro y secarlos al aire dio origen a lo que hoy se conoce como adobe. Otro ejemplo en el que se ve un claro dominio de construir con tierra se presenta en la civilización persa, la cual empleó la técnica del adobe para construir bóvedas. Sin embargo, el mejor y más grande ejemplo de construcción con tierra es la Gran Muralla China que data del siglo III a. C. En Suramérica se pueden encontrar varios ejemplos, pero el más importante es la ciudadela de Chan Chan en Perú, que data de los años 1200 a 1400 d.C. Está conformada por ocho ciudadelas, varias pirámides ceremoniales, edificios públicos, templos y viviendas, todos levantados en tierra con la técnica del adobe.

Como se puede constatar con numerosos ejemplos, a través de la historia, la tierra ha demostrado ser un material noble, con propiedades térmicas, acústicas y estéticas. “La tierra fue, es y seguirá siendo un excelente material de construcción”²

Desde el punto de vista geológico, entre el 65 y el 70% de las tierras contienen materias primas adecuadas para trabajar con la tecnología constructiva de tierra prensada. No obstante, las tierras apropiadas para esta técnica deben contener entre 40 y 90% de arena, mínimo 15% de arcilla y entre 10 a 30% de limo.

La tecnología constructiva con tierra comprimida combina una fuerza de compactación sobre la tierra debidamente humedecida y mezclada con un agente estabilizante; el proceso de compactación se puede realizar por medios manuales o mediante una prensa. El producto realizado con tierra mediante una fuerza de compactación por medio de una prensa se conoce con el nombre de Bloque de Tierra Prensada o BTP.³ Su evolución fue impulsada por el desarrollo de máquinas prensadoras, entre las que se encuentran la prensa Cinva-Ram



Foto 2. Ingreso principal a la plaza ceremonial, ciudadela de Tschudi.

Foto: Lizardo Tavera, en <http://www.arqueologia.com.ar/peru/>

como pionera, Tek-Block, Ellson Blockmaster, SM Terstaram, que se caracterizan por ser máquinas manuales, que requieren poca inversión y se pueden fabricar localmente; hasta llegar a las prensas hidráulicas como la MMH 2000 y CLU 2000, las cuales requieren una gran infraestructura en su proceso de producción.

La prensa Cinva-Ram, producto del programa de investigaciones del Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento (CINVA), en Colombia, concebida por el Ing. chileno Raúl Ramírez, se desarrolló con el objeto de proporcionar un elemento útil y económico para la autoconstrucción de pequeñas viviendas rurales, con el adobe y la tierra estabilizada como materiales de construcción. Su funcionamiento se basa en la aplicación manual de una fuerza de presión sobre un molde lleno de tierra, para lo que se utiliza el principio físico de las palancas: a mayor longitud del brazo de palanca produce bloques de calidad superior, más densos. El proceso de producción de BTC se desarrolla mediante los siguientes pasos: conocimiento del material, estabilización, preparación mezcla tierra-cemento, prensado del material, fraguado y curado, lo que garantiza una producción de 300 bloques en jornada de ocho horas/hombre; esta producción está supeditada a las características de la tierra y al contenido de humedad.

De acuerdo con los requisitos mínimos⁴ que deben cumplir los BTC, después del proceso de curado, se especifica que deben tener una capacidad de compresión mínima de 285 psi o 20 kgf/cm². La prensa aplica una fuerza de compresión de 40.000 lb de presión, lo que genera una tasa de compresión de 1,63 kgf/cm² sobre el material. Esta prensa está dotada de tres tipos de moldes para producir bloques y baldosines, que se pueden utilizar para la cimentación, paredes, techos y otros componentes estructurales, es decir, hasta 85% de la construcción, pues permiten además un sinnúmero de posibilidades de acabados con yesos o pinturas variadas.

Desde un punto de vista arquitectónico, se puede diseñar cualquier vivienda, incluso con paredes contemporáneas multiángulo o redondas y techos con varias aguas. Los arcos o techos de soporte, secciones de ventanas y bloques de columnas pueden construirse fácilmente con mano de obra capacitada en la tecnología; los bloques de tierra compactada se pueden cortar a cualquier ángulo o dirección.

No obstante, el proceso evolutivo del BTC como elemento arquitectónico y estructural ha sufrido un estancamiento, pues su proceso de producción solo se limita a fabricar bloques sin tener presente aspectos como la función, ubicación, forma adecuada, uso, factores socioculturales y estructurales, los que analizados en

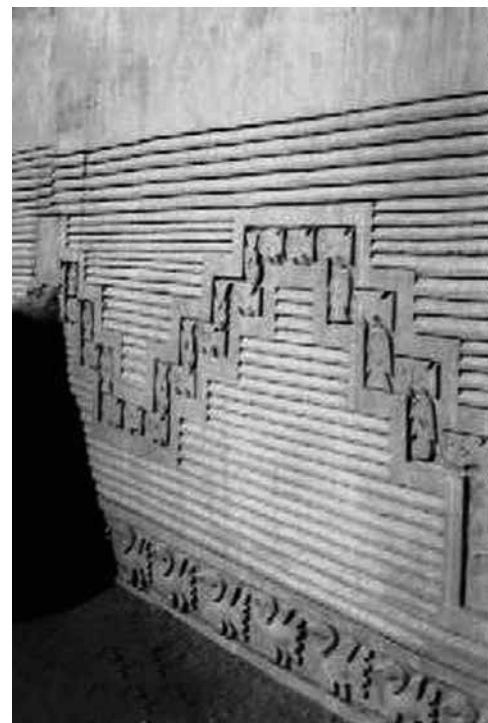


Foto 3. Friso en Chan Chan. Diseño escalonado de peces con aves en el zócalo
Foto: Lizardo Tavera, en <http://www.arqueologia.com.ar/peru/>

Andrés Mauricio González C.

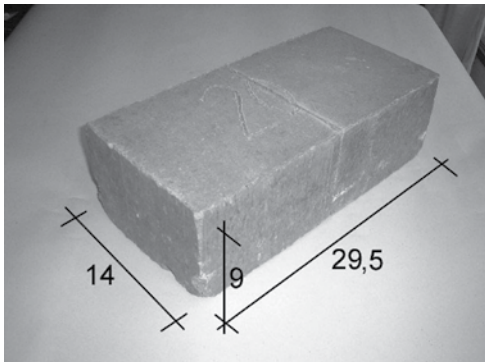


Foto 4. Dimensiones nominales de un BTC

Foto: Andrés Mauricio González C.

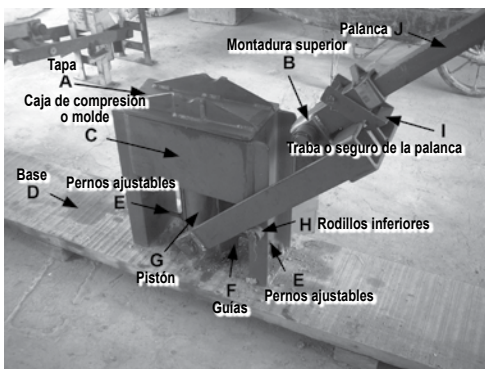
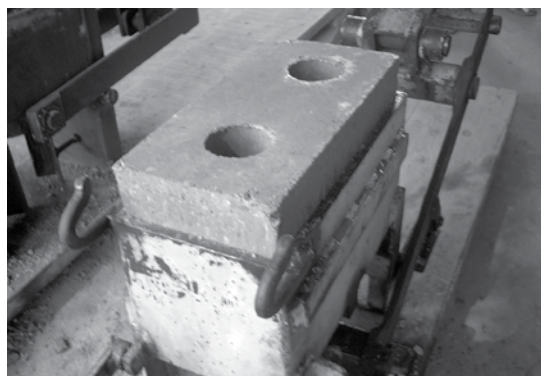


Foto 5. Prensa Cinva-Ram y sus partes

Fuente: Andrés Mauricio González C.

forma conjunta llegan a establecer parámetros que llevan a un uso adecuado tanto en forma individual, es decir, como mampuesto o formando parte de un sistema mayor como los muros de una vivienda. De igual forma, aunque hay investigaciones y publicaciones en relación con esta técnica constructiva en tierra, no se han explorado aspectos en los cuales las características del BTC estén supeditadas a la ubicación dentro de una vivienda, ya que de ello dependería en gran medida la determinación de características formales y de sus componentes internos como su granulometría, cantidad de tierra, porcentaje de arcilla, cantidad de cemento, etc.; tampoco se han definido las características de acuerdo con las exigencias a que pudieran estar sometidos en cuanto a sobrecargas mecánicas cuando se trate de muros portantes o características especiales, cuando estén sometidos a diferentes agentes climáticos y otras variables en torno al confort; cuando su uso esté orientado a fachadas; dependiendo de su ubicación para conformar un espacio o cuando deban tener la capacidad de llevar elementos especiales como tuberías, etc. Para responder estas incógnitas es posible desarrollar investigaciones puntuales desde los establecimientos académicos como las universidades junto con las empresas privadas, para fortalecer el desarrollo de esta tecnología que — como se ha expuesto — ofrece múltiples beneficios arquitectónicos y constructivos demostrables.

Otro aspecto sustancial para el estancamiento de esta técnica constructiva, tiene que ver con la normatividad vigente sobre sismorresistencia en relación con las viviendas de uno y dos pisos. En nuestro país, la Norma Sismo Resistente de 2010, denominada NSR-10, determina los requisitos tendientes a garantizar que los elementos estructurales de una construcción respondan en forma eficiente ante las sollicitaciones que se presentan al momento de un sismo, para garantizar la vida de las personas que las habitan.



Fotos 6 y 7. Bloque de tierra prensado hueco tipo Cinva-Ram, componente estructural

Foto: Andrés Mauricio González C.



Fotos 8 y 9. Bloques de tierra compactada tipo SM Terstaram y Cinva-Ram, multiforma y multifunción
Foto: Andrés Mauricio González C.

Sin embargo, estos requisitos se promueven sobre materiales como el concreto, acero y elementos cerámicos, y excluyen la tierra como material de construcción. Por tanto, para las construcciones con tierra en nuestro país todavía no hay una normatividad completa que regule la aplicación de este tipo de técnicas. No obstante lo anterior, en años anteriores, el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), lideró un equipo de investigadores que trabajó en la elaboración de una normatividad sobre bloques de suelo cemento, en la cual se especifica el uso tanto para muros y divisiones, definiciones, especificaciones, métodos de ensayo y condiciones de entrega. Se trata de la norma NTC 5324, que sin duda es el punto de partida para el desarrollo formal de esta técnica en Colombia. Esto ha permitido en la actualidad observar el empleo de BTC en muros divisorios aplicados en diversos proyectos de vivienda en todos los estratos socioeconómicos. Otro factor para tener en cuenta al aplicar esta técnica constructiva con Bloques de Tierra Compactada, BTC, se refiere al tipo de sistema estructural con el cual se va a construir la vivienda. Diversas investigaciones en Perú, Venezuela y Alemania, entre otros países, sugieren que esta técnica constructiva con base en BTC se comporta en forma efectiva al emplearla en conjunto, ya sea con la mampostería estructural o actuando como mampostería confinada entre una estructura de concreto.

Cada uno de estos sistemas constructivos presenta un conjunto de requisitos que afectan en forma directa las características formales de los BTC. Esto demanda investigaciones que den origen a nuevos tipos de bloques que respondan a estas necesidades.



Foto 10. Muro en BTC Conjunto Pradera Potosí, La Calera, Cundinamarca
Foto: Andrés Mauricio González C.

Andrés Mauricio González C.



Fotos 11 y 12. Vivienda conjunto Pradera Potosí técnica mixta, estructura en concreto y cerramiento en BTC, La Calera, Cundinamarca
Fotos: Andrés Mauricio González C.



Fotos 13 y 14. Conjunto de viviendas VIS construidas con BTC en Sonsón, Antioquia
Fotos: Fundación Tierra Viva

Se puede concluir entonces que la construcción con tierra ha resistido la prueba del tiempo, ya que más de 2.000 millones de personas en todo el mundo cuentan con construcciones de tierra para sus viviendas. Es un material constructivo barato, duradero (entre 100-400 años, con el mantenimiento adecuado), atractivo a la vista y con bajo costo energético, tiene efectividad en la reducción de ruidos y gran capacidad térmica lo que ofrece un excelente grado de confort ambiental y en la edificación de viviendas de un piso, ofrece total flexibilidad en la construcción, tiene solidez estructural y puede ser utilizado como vivienda de construcción rápida en todo el mundo, puede ser fabricado con materiales locales y mano de obra no capacitada.

Con la permanente escasez mundial de materiales de construcción de alta calidad, la técnica constructiva con BTC resulta apropiada para las necesidades de construcción, ya que maximiza la utilización de recursos naturales (tierra) y minimiza costos, premisas fundamentales en el planteamiento actual sobre materiales y construcciones sostenibles.

Referencias

- Colombia (2010). Decreto 926 de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10. *Diario Oficial*, 47.663. Disponible en: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/NSR-10_diario_oficial_26marzo10.pdf
- Cuenca-Rojas, R.; Higuera-Barrera, J. R. y Mora-Arias, G. (1990). *Tesis de grado: Evaluación de las fuentes de materiales de la Sabana de Bogotá para trabajar con suelo estabilizado en la construcción de vivienda*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería.
- González-Caicedo, A. M. (2005). *Incidencia de la forma y composición del bloque de tierra prensado en el uso como elemento arquitectónico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes.
- Hunter, K. y Kiffmeyer, D. (2004). *Earthbag Building: the Tools, Tricks and Techniques*. Gabriola Island, British Columbia, Canada: New Society Publishers.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC (2003). *Bloques de suelo-cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de Ensayo. Condiciones de entrega. Norma Técnica Colombiana, NTC 5324*. Bogotá: ICONTEC.

Notas

- ¹ Afirmación tomada de la tesis que evaluaba las fuentes de materiales de la sabana de Bogotá para trabajar con suelo cemento, que corrobora que la tierra es un material adecuado con muchas ventajas térmicas y acústicas para aplicarlo en vivienda y que sirvió para el planteamiento inicial de la hipótesis de este artículo.
- ² La Ing. Celia Neves, miembro del Centro de Investigación y Desarrollo de Brasil y la red ProTerra, con el apoyo de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de los Andes, Colombia y la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Mérida, Venezuela, en el año 2003, estableció la siguiente clasificación de los bloques de tierra de acuerdo con sus componentes: BTP: Bloque de tierra prensado. Este tipo de bloque no requiere aplicación de ningún tipo de aditivo, estabilizante, ni cemento ya que las características de la tierra permiten su uso sin ningún tipo de aditivo. BTC O BSC: Bloque de tierra cemento o bloque de suelo cemento. Como su nombre lo indica tiene un porcentaje en su mezcla de cemento. BTE: Bloque de tierra estabilizada. Para utilizar este bloque, se le añade al suelo algún tipo de estabilizante natural, mineral o químico.
- ³ Los requisitos mínimos son los establecidos en la norma técnica colombiana NTC 5324, que entró en vigencia en el 2003. En ella se especifican las definiciones, características, métodos de ensayo y condiciones de entrega para producir bloques de tierra elaborados con el material suelo cemento. Es importante aclarar que se denomina suelo al material que en este artículo se designa con el nombre de tierra.