

4.2 Evaluación de pisos de tierra apisonada en Guatemala después de seis años de utilización. Edgar Virgilio Ayala/Francisco Javier Quiñónez

Edgar Virgilio Ayala¹, Francisco Javier Quiñónez²
Universidad de San Carlos, Guatemala
1virgilioayala@yahoo.com; 2javierquinonez@yahoo.es

Palabras clave: Investigación en construcciones en tierra, mano de obra local, materiales locales, pisos de tierra, transferencia de tecnología.

Resumen

Trypanosoma cruzi es el principal agente causal de la enfermedad de Chagas en Guatemala, debido a la presencia del vector *Triatoma dimidiata* en las construcciones con tierra. Ya que este vector tiene capacidad de dispersión y adaptación de hábitat, heterogeneidad genética, así como diferentes grados de domesticidad, se dificulta su eliminación intradoméstica. La interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad en Guatemala se fijó como meta para reducir significativamente la infestación doméstica del insecto, para lo cual se utilizó un control químico mediante el uso de insecticidas peritroides, observándose que después de la pulverización, la re-infestación ocurre a menudo. Esto condujo a presentar una opción de solución basada en el mejoramiento de la vivienda por medio de aplicación de pisos elaborados con materiales nativos y mano de obra local incluyendo los aspectos culturales.

Una estrecha relación entre profesionales de diferentes disciplinas, estudiantes universitarios, pobladores de una zona rural, autoridades locales y gubernamentales, así como la cooperación internacional fue la base de la ejecución de un proyecto que incluyó estudios experimentales de laboratorio y de campo sobre los materiales y la tecnología desarrollada, con posterior aplicación en el mejoramiento de pisos de las viviendas mediante participación comunitaria, después de la realización de talleres de transferencia de tecnología. Después de 6 años de estar las aplicaciones en condiciones de servicio, se realizó una evaluación mediante la inspección ocular del estado actual de los pisos de viviendas de la Aldea La Brea, Municipio de Quezada del Departamento de Jutiapa, lo cual constituye el objeto de este artículo. Los resultados evidencian muy buen comportamiento de los pisos en condiciones normales de uso, caracterizándose por una mejora en las viviendas que evitan la re-infestación del *T. dimidiata* en el largo plazo y proporcionan mejor autoestima en los usuarios.

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas existe expandida en Latinoamérica, incluso en Europa, tal el caso de España. Su combate ha involucrado a investigadores en numerosos países para luchar por su erradicación desde hace muchos años. Un equipo de investigadores de diversas disciplinas ha realizado un proyecto de investigación-docencia-extensión con un enfoque interdisciplinario con participación institucional y comunitaria para implementar una tecnología de pisos apisonados en una comunidad en Guatemala.

En el mejoramiento de los pisos de las viviendas en la aldea La Brea, municipio de Quezada, departamento de Jutiapa en Guatemala se prioriza la salubridad. Los pisos tienen incidencia tanto en el control de la enfermedad de Chagas como en otras enfermedades respiratorias y gastrointestinales.

La evaluación de los pisos en las viviendas seis años después de su aplicación inicial demuestra que la tecnología implementada ha dado resultados satisfactorios entre los pobladores de la aldea La Brea.

Marco Teórico

Las investigaciones en pisos apisonados de tierra son predominantemente de orientación experimental. Se han realizado investigaciones sobre el tema a nivel de grado de licenciatura, tales como las tesis de Jorge Federico Molina Gallardo (1986), Oscar Cruz Ramos (1989), Gustavo Adolfo Dumas (1990), Mario Guilfredo Argueta Martínez (2005), Revibalencia del Cid Cruz (2009). Estos trabajos de investigación se han realizado en el Centro de Investi-

gaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Argueta (2005), presenta algunos criterios relativos a las ventajas de los pisos apisonados,

- Los materiales de composición son fáciles de extraer y sin mayor costo, son accesibles para personas con menos recursos.
- Requieren de tierra limpia de materias orgánicas y contaminadas.
- Utilizan materiales de bajo costo
- Se pueden utilizar diferentes materiales, que mezclados mejoran sus propiedades físicas y mecánicas.
- Son económicos en su construcción.
- El sistema constructivo es sencillo y sin gasto de energía eléctrica.
- Se pueden utilizar los colores de los componentes del suelo y añadir tintes.
- Se pueden reparar fácilmente en caso de daños.
- Disminuyen la suciedad sobre la capa superficial.
- Aumentan la higiene en la vivienda.
- Permiten la limpieza del área.
- Disminuyen la posibilidad de concentración de insectos.
- Se pueden utilizar conocimientos históricos vernáculos.
- Requieren de aprendizaje de la tecnología.

Otros conocimientos sobre pisos apisonados correspondientes a épocas históricas pasadas son aportados por las investigaciones arqueológicas de Miguel Rivera Dorado (1977), Marlen Gamica (Gamica; Marroquín, 2000) y otros arqueólogos.

Según el censo habitacional del 2002, en Guatemala 736.753 casas poseen pisos de tierra, equivalentes al 28,6% del total de las casas censadas (INE, 2002).

Las condiciones económicas de las familias tienen una relación directa con la calidad de la vivienda, sobre todo con los materiales de construcción y los sistemas constructivos utilizados.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Investigadores

Los investigadores que participan en la implementación de pisos apisonados utilizando materiales locales pertenecen a diversas disciplinas, tales como la sociología, biología, ingeniería y arquitectura, generando una relación interdisciplinaria que permite incidir satisfactoriamente en el proceso de investigación. Profesionales y estudiantes universitarios desarrollan una estrecha comunicación con funcionarios del Ministerio de Salud, autoridades locales y con pobladores de la aldea La Brea. Los investigadores trabajan en equipo siendo incluyentes con los pobladores de la comunidad durante el proceso de investigación. Reciben apoyo de sus unidades de investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La cooperación internacional se hace presente en la investigación a través del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo –CIID-, de Canadá.



Figura 1. Algunos investigadores del proyecto. Fuente: F.J. Quiñónez (2009)

2.2 Condiciones iniciales en la comunidad

En la investigación inicial se realiza un inventario de los pisos de casa en casa. Así mismo se realiza una identificación de la importancia de los componentes de la vivienda para sus pobladores. En el caso del piso, éste se encuentra en el último lugar de las preocupaciones habitacionales, los pobladores invierten el escaso dinero disponible prioritariamente en las paredes y el techo. Se manifiesta en forma evidente el interés que las personas de la comunidad mostraron desde el inicio del proyecto por la mejora de los pisos.

Los pisos de tierra tradicionales utilizan un sistema en el cual se hace una muy leve compactación manual, los pisos se compactan principalmente por el tráfico de personas, animales y lo que se encuentra por encima de ellos, muebles, mesas, etc. En la mayoría de los casos se utiliza para su construcción la misma tierra del lugar donde se vive. Los pisos tradicionales son sometidos a desgaste por el uso que se les da a nivel familiar.

Las mujeres barren el piso regularmente con escoba y lo reparan con las manos cuando lo consideran necesario.

Este sistema es laborioso y tiene una duración limitada. Los pisos pueden presentar irregularidades, desprendimientos, lo que permite la existencia de la chinche. Los procedimientos utilizados en las viviendas para la dotación y mantenimiento de pisos son deficientes tanto desde el punto de vista ingenieril como de salubridad. En la aldea no se encontraron pisos apisonados.

Además, se identificó que la mayoría de las personas pensaban que la mejora de pisos debían realizarla utilizando cemento, principalmente el proceso conocido como torta de cemento. Algunas casas poseen pisos de mortero rústico de cemento y torta de concreto realizados por albañiles o personas con conocimientos en construcción.

2.3 Metodología

La metodología utilizada en la construcción de los pisos apisonados se basa en la experimentación. Así mismo se contempla el acceso al aprendizaje del uso de la tecnología a los propios pobladores de las viviendas, quienes en su mayoría son mujeres. La comunicación entre pobladores contribuye a facilitar la receptividad y la propagación de los conocimientos transmitidos.

Se desarrolla una metodología para el mejoramiento de pisos en viviendas aprovechando los materiales y las condiciones de mano de obra locales.

La tecnología desarrollada corresponde al suelo compactado, en la cual se utiliza suelo del lugar estabilizado con cal y puzolana, con la ayuda de un proceso de compactación manual que utiliza un apisonador de peso y área controlada. El desarrollo de la tecnología requiere de grandes esfuerzos experimentales de laboratorio y de pruebas preliminares de campo bajo condiciones naturales de servicio.



Figura 2. Construcción experimental de piso en el laboratorio. Fuente: F.J. Quiñónez (2008).

La tecnología desarrollada es intensa en mano de obra no calificada, con lo cual se obliga a una organización comunitaria muy fuerte, favoreciendo el espíritu de solidaridad, el cual se manifestó durante la elaboración de los pisos.

Previamente a la realización del mejoramiento de las viviendas por parte de las personas de las comunidades, se realizaron talleres de transferencia de tecnología en ciertas viviendas de la aldea. Los habitantes de la comunidad manifestaron muy buena aceptación de la tecnología desde el comienzo de los talleres de transferencia hasta terminar las aplicaciones.

2.3.1 Materiales

Los materiales utilizados son: suelos, arena, ceniza, cemento, cal. Los materiales locales son extraídos de bancos de materiales en la comunidad, los cuales se han identificado conjuntamente con los pobladores.

Posteriormente son transportados al laboratorio donde se realizan ensayos y se determina si son adecuados para los propósitos establecidos. El uso de suelos de la comunidad permite acceder a un costo reducido y a la facilidad de obtención del material cerca del lugar de la obra.

Una vez los materiales son ensayados y caracterizados se definen las mezclas a realizar, entre las mejores mezclas experimentadas está la siguiente:

Base con suelo: suelo 0,5m², ceniza 0,05m³, cal 1,8 kg., volumen total 0,10m³

Base con arena de río: arena de río 75%, ceniza 25%, cal 1,8 kg. (4 lb.)

Pastina o acabado: suelo 50%, cemento 50%, ceniza 50%.

Cementante: arena de río, proporción 1:1. Se agregó pigmento de color.

2.3.2 Ensayos

Los ensayos de los materiales son realizados en los laboratorios del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los ensayos de laboratorio de los suelos han seguido las normas de la American Society of Testing Materials (ASTM) en lo relativo a la granulometría, gravedad específica, plasticidad, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y compactación.

Las granulometrías de los materiales analizados evidenciaron escasa o ningún contenido de gravas, altos contenidos de arena y bajos contenidos de finos. Los ensayos de

laboratorio relacionados con la compactación corresponden a los conceptos de densidad máxima y humedad óptima.

Los ensayos realizados en las mezclas son los recomendados por el Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) de Francia en lo relativo a la permeabilidad y la adherencia. Y la norma de American Society of Testing Materials (ASTM) en lo relativo al ensayo de impacto.

Los materiales analizados presentaron condiciones adecuadas para ser utilizados en la tecnología propuesta.

2.3.3 Estabilización

Los materiales del piso son sometidos a la estabilización física, química y mecánica. Se consideró que los suelos debían ser mezclados con otros materiales para alcanzar la estabilidad deseada, la utilización de puzolanas de lugares cercanos se consideró apropiada para tal fin.

La estabilización física se logra mediante un análisis granulométrico de los suelos basada en la graduación de bases del tipo C establecido en el Libro Azul de la Dirección General de Caminos de Guatemala, donde se establecen las granulometrías máxima y mínima que deben utilizarse en una base.

La estabilización química se obtiene con la mezcla de la cal y el cemento. El uso de puzolana estuvo fundamentado en la reacción cementante adicional esperada al mezclar con hidróxido de calcio en presencia



Figura 3. Piso apisonado en la Brea, Jutiapa. Fuente: M. Méndez (2008)

de humedad y con el aumento de densidad que proporciona la compactación manual. La estabilización mecánica se hace a través de la compactación manual. Mediante la cual se disminuyen los espacios vacíos y se

disminuye el volumen del material aumentando su densidad. El proceso de compactación en el campo se adaptó a las condiciones económico-sociales de la población.

2.3.4 Construcción del piso

Los componentes del piso son: pastina o acabado, pasta, base, sub-base.

El procedimiento recomendado para la elaboración de piso apisonado se describe a continuación:

1. Se limpia y nivela el área, se quita la capa vegetal o tierra negra que exista por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado.
2. Se hace el trabajo en tres capas. La primera capa de por lo menos 10 cm de espesor, se llena con un material de alto contenido de arena para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural.
3. Se tiende una segunda capa de 10 cm con poco estabilizador y se compacta, previendo que la humedad sea la adecuada.
4. Se tiende la capa final de 5 cm la cual contiene un alto contenido de estabilizador, debido a que estará sujeta a las cargas y desgastes provocados por el uso frecuente. El estabilizador generalmente puede ser cemento.

Se evaluaron las mezclas de las bases desde dos puntos de vista: Calidad, facilidad de construcción, posibilidad de ascenso de humedad, de no agrietarse, de aislamiento de humedad.

Las experiencias en las investigaciones experimentales desarrolladas en el laboratorio demuestran que es necesario el análisis riguroso de la base y del acabado. El soporte de las cargas a las que está sometido el piso es transmitido al suelo por la base. Así mismo es el componente del piso que impide la ascensión capilar del agua hacia la superficie.



Figura 4. Aplicación de color. Fuente: F.J. Quinónez (2008)

El acabado proporciona la textura superficial del piso, facilitando su limpieza y le aporta su concepción estética. El acabado es de importancia para los pobladores de la vivienda y su contexto social. Los materiales experimentados que proporcionan una textura lisa y durable son la mezcla de cemento con arena de río.

En función de proveer un piso que tenga aspecto decorativo se experimentaron los pigmentos de colores diversos, los cuales tuvieron agradable aceptación por parte de los pobladores. El acceso para adquirir los pigmentos de color es sin mayor dificultad, ya que se pueden adquirir en las ventas de materiales de construcción más cercanas.

2.4 Transferencia de conocimientos

La aceptación de la nueva tecnología por parte de los pobladores es importante para el buen funcionamiento de los pisos. Para ello los investigadores establecieron comunicación con los representantes comunitarios, propiciando intercambio de conocimientos e informaciones.

Ya que existía poca información sobre la tecnología de pisos en la comunidad, se invirtieron más recursos humanos y tiempo para darle el seguimiento correcto a la utilización de la nueva tecnología y asegurarse de su asimilación por los pobladores. Para ello se realizan talleres, principalmente con la asistencia de mujeres.

Se propicia la participación de los miembros de la comunidad en todas las actividades del proyecto, incluyendo el proceso de evaluación inicial, la investigación experimental, los talleres de transferencia, la aplicación de las mejoras y la evaluación final de los resultados. En los talleres de transferencia como en las aplicaciones en las viviendas hubo muy buena participación y disposición por parte de los pobladores de la comunidad.



Figura 5. Capacitación mediante talleres.

La presencia de los representantes comunitarios y de la antropóloga fue fundamental para la motivación de la participación

2.4.1 Evaluación de los pisos después del mejoramiento

De la evaluación del estado de los pisos elaborados por los habitantes de la aldea, después del proceso de mejoramiento se concluyó que el 71% de los pisos están bien, el 21% tienen alguna deficiencia y el 8% no tienen las condiciones esperadas. En el 70-75% de las viviendas con piso mejorado se observó buena limpieza en los pisos, lo cual es una muestra clara del impacto ofrecido por la mejora realizada.

En cuanto a la exploración técnica de las bases y los acabados de los pisos, se concluyó que las bases tienen un contenido de humedad menor de lo previsto, lo cual es favorable y el grado de compactación en general es adecuado, llegando a tener densidades de 1440 kg/m³.

En cuanto a la opinión de las personas sobre la aplicación de las mejoras en los pisos, de 22 personas entrevistadas, 21 manifestaron que ahora ya no hay pulgas dentro de la vivienda, que el piso es bueno, que está bonito, mucho mejor que antes y únicamente una persona manifestó que no le gustó.

Todas las viviendas son inseguras desde el punto de vista estructural y son consideradas de muy alto riesgo ante fenómenos sísmicos. El proyecto de pisos apisonados es complemento del proyecto sobre la mejora de los revestimientos de las viviendas.

A pesar que la mayoría de los pisos mejorados se consideran como buenos, se comprobó que en todos los

casos existen fisuras, atribuibles a la aplicación de los acabados, en los cuales se incorporó una proporción considerable de cemento. Tales fisuras no comprometen la estructura del piso y eran predecibles debido a la incompatibilidad de los materiales utilizados. A pesar que se realizó más investigación experimental con la retroalimentación de estas imperfecciones, no fue posible llegar a obtener opciones alternativas que garantizaran

flexibilidad en la capa final de acabado (Ayala et al, 2009).



Figura 6. Condiciones de las fisuras del piso. Fuente: F.J. Quiñónez (2009).

La fisuración del piso se desarrolla específicamente en la parte superficial del piso, la estructura del piso se mantiene intacta, que es la duradera ante el uso y ante las cargas que soporta.

Aunque los espesores no pudieron ser corroborados, en ningún caso de los explorados se observaron espesores menores de 5,5 centímetros, profundidad que posible explorar con el equipo existente.

La capa superficial es de consistencia más rígida debido al cemento que le da cierta rigidez y requiere un mayor control de humedad durante el curado para adquirir la resistencia deseada.

3. DISCUSIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DE PISOS EN 2014

La evaluación de los pisos en el 2014 se realiza mediante la observación y la comunicación con los pobladores que utilizan la tecnología implementada desde hace seis años. La visita técnica realizada a la Brea se realiza en presencia de un instructor de los pobladores que aprendieron a utilizar la tecnología de pisos apisonados.

Las visitas confirman la buena comunicación del instructor con los pobladores, usuarios de la tecnología. Quienes facilitan el ingreso a las viviendas en forma espontánea para realizar la observación técnica de los pisos y participan activamente en el proceso de evaluación, analizando el aporte que han recibido por el uso de los pisos apisonados en el control ecosistémico de la enfermedad de Chagas. El estado de los pisos corresponde al estado de la evaluación realizada hace seis años en lo relativo a los pisos que el 71% están bien y a las viviendas con piso mejorado que el 70-75% tienen buena limpieza de los pisos. Los pisos en condiciones deficientes corresponden principalmente al deficiente nivel educativo de los pobladores.

Los pobladores continúan aplicando los conocimientos adquiridos en las nuevas viviendas en lo relativo a la preparación de la superficie, nivelación, extracción y uso de los materiales, mezcla, curado, compactación, aplicación del acabado y mantenimiento.

Los pobladores visitados manifiestan complacencia y satisfacción con la tecnología que les ha sido transferida. Las hijas de los pobladores que participaron en el aprendizaje de la tecnología implementan los conocimientos adquiridos sobre pisos cuando emigran a sus propias casas. Eso también sucede con los nuevos inquilinos quienes aprenden y aplican la tecnología transmitida por los dueños de las viviendas. Las condiciones de uso de los pisos apisonados son, en forma dinámica, por personas miembros de la familia y visitas que transitan sobre ellos, además de animales y, en forma estática, los muebles y los aparatos electrodomésticos en los dormitorios y en las cocinas. En todas las viviendas visitadas fue constatado por los pobladores que ya no existen las chinches dentro de las viviendas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argueta Martínez, Mario Guilfredo (2005). *Propuesta y evaluación de piso de bajo costo a base de tierra para una vivienda rural*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ayala, V.; Quiñónez, J.; Méndez, M. (2009). *Informe científico final del componente de ingeniería del proyecto de investigación 'Manejo a largo plazo de los factores de riesgo para la re-infestación del vector de Chagas (Triatoma Dimidiata) en la vivienda y el peridomicilio en el Departamento de Jutiapa, Guatemala'*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo –CIID- y Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. Pendiente de Publicación. Guatemala, p. 95

Cruz Ramos, Oscar (1989). *Pisos de baldosas de barro cocido*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Del Cid Cruz, Revi Balencia (2009). *Metodología de elaboración y evaluación de mezclas para pisos de vivienda del área rural*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dumas, Gustavo Adolfo (1990). *Evaluación de un sistema de piso de tierra apisonada estabilizada con cal en una vivienda en Amatitlán*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Garnica, Marlen; Marroquín, Luz M. (2000). Proyecto arqueológico Ermita de Santa Lucía, Antigua Guatemala. <http://www.asociaciontikal.com/pdf/46.00.pdf>. Consultado el 27 de junio de 2014

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2002). *Censo Nacional 2002*. Dirección General de Estadística. Ministerio de Economía. República de Guatemala.

Molina Gallardo, Jorge Federico (1986). *Evaluación de un sistema de piso de tierra compactada estabilizada para vivienda económica*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rivera Dorado, Miguel (1977). Excavaciones arqueológicas en Salcajá, Guatemala. http://www.iai.spk-berlin.de/fileadmin/dokumentenbibliothek/Indiana/Indiana_6/IND_06_Dorado.pdf. Consultado el 28 de junio del 2014.

AUTORES

Edgar Virgilio Ayala Zapata, Guatemalteco, Doctor en Ingeniería Civil y Doctor en Filosofía. Profesor Titular de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Asesor de tesis a nivel de licenciatura. Investigador de Construcciones en tierra (adobe, bajareque, tapial, pisos, revestimientos); Maderas tropicales; Cemento puzolánico. Participación en eventos académicos en Europa, América Latina, Asia, África.

Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, Guatemalteco. Ingeniero Civil con especialización en Investigación Científica. Cd. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Investigador de construcciones con tierra; puzolanas de origen volcánico; ferrocemento; fibras naturales; desechos agroindustriales para utilización en la construcción de elementos para vivienda económica.