



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

UTILIZACIÓN DE LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autor:

Huberth Manuel Collantes Matto

Asesor:

Mg. Ing. José Santos Cortegana Salazar

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

A mis padres por su constante apoyo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanos, profesores y compañeros de estudios con los que siempre
puedo contar.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	13
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS.....	24
ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados detallado por artículo.	16
Tabla 2: Base de datos	27

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo recopilar información sobre los modernos sistemas de construcción con tierra, que se complementan con las técnicas de nuestros pobladores, se puede usar en la construcción de viviendas sostenibles, seguras, económicas, además de que sean factibles de aplicar en nuestra región. Esta investigación debe responder la pregunta: ¿La utilización de la tierra es una alternativa viable en la construcción de viviendas sostenibles, seguras y económicas?, se justifica en la necesidad de demostrar que la tierra, como material de construcción es una alternativa viable para la construcción de viviendas sostenibles, seguras y económicas.

Los artículos se obtuvieron de las bases de datos Google Académico y Scielo, considerando algunos criterios de exclusión e inclusión como los artículos entre los años 2007 a 2017 entre otros. Se vio algunas técnicas constructivas como el adobe, tapial, y COB; así como los refuerzos que se pueden aplicar para mejorar su resistencia antisísmica. Según experimentos llevados a cabo por especialistas se obtuvo como resultado que, es posible mejorar esta resistencia mediante refuerzos, llegando a la conclusión de que es viable construir viviendas seguras además de amigables con el medio ambiente y económicas.

PALABRAS CLAVES: Construcción con tierra, Adobe, Tapial, Materiales sostenibles, Sismorresistente.

ABSTRACT

The objective of this research is to gather information on modern land-based construction systems, which is complemented with the techniques of our residents, can be used in the construction of sustainable, safe, and economic housing, in addition to being feasible to apply in our region. This research must answer the question: Is the use of land a viable alternative in the construction of sustainable, safe and affordable house?, is it justified in the need to demonstrate that land, as a construction material, is a viable alternative for the construction of sustainable, safe and economic home.

The articles were obtained from Google Academic and Scielo databases, considering some exclusion and inclusion criteria such as articles between 2007 and 2017, among others. Some constructive techniques were seen such as adobe, mud, and COB; as well as the reinforcements that can be applied to improve its anti-seismic resistance. According to experiments performed by specialists, it was obtained that it is possible to improve this resistance through reinforcements, concluding that it is feasible to build safe houses as well as friendly to the environment and economic.

KEYWORDS Construction with earth, Adobe, Tapial, Sustainable materials, Seismic resistant.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La tierra es uno de los materiales más antiguos usados en la construcción de edificaciones, desde tiempos inmemoriales y se sigue usando hasta el día de hoy. “La construcción con tierra tiene miles de años de historia y existe evidencia arqueológica que sugiere la existencia de ciudades construidas enteramente en tierra: Jericó, Çatal Huyuk en Turquía, ..., entre otras” (Yamín, Phillips, Reyes y Ruiz, 2007, p.01). Actualmente gran parte de la población mundial, especialmente en áreas rurales, sigue usando la tierra como materia prima en la construcción de sus hogares.

La tierra sigue siendo en la actualidad un material preferido por muchas personas alrededor del mundo, para construir sus hogares, sin embargo, otros consideran que las viviendas construidas con tierra son poco seguras ante fenómenos naturales como sismos o inundaciones. Actualmente se están combinando técnicas antiguas de construcción con novedosas técnicas, que ayudan a mitigar los efectos de los fenómenos antes mencionados; haciendo de las estructuras más seguras y confiables a la vez que son más amigables con el medio ambiente.

La construcción con tierra ha dado un paso adelante en los procesos de fabricación. Con la industrialización de los materiales de tierra se mejoran las características naturales del material y se garantizan unas calidades óptimas para su empleo y puesta en obra, reduciendo los tiempos de ejecución. En los últimos tiempos se ha desarrollado la prefabricación del tapial y la introducción en taller de sistemas de instalaciones dentro de los muros (Bestraten, Hormias y Altemir, 2011, p.06).

En la antigüedad las familias construían sus casas con sus propias manos, utilizando sus conocimientos de métodos de construcción que se pasaban de padres a hijos; en la

actualidad, aunque no es habitual, aún existe autoconstrucción sobre todo en el ámbito rural. Para construir una casa no hace falta conocer las modernas técnicas de construcción, existen otras alternativas, tradicionales o no, mucho más sencillas. La presente revisión sistemática pretende responder a la pregunta: ¿La utilización de la tierra es una alternativa viable en la construcción de viviendas sostenibles, seguras y económicas?

La justificación de la presente investigación teórica se basa en la necesidad de demostrar que la tierra, como material de construcción es una alternativa viable, para la construcción de viviendas sostenibles, seguras y económicas. Actualmente es poco valorada por los profesionales de la construcción, pero ha sido, y es, revalorizado por investigadores modernos, que han demostrado que es una excelente alternativa en la construcción de viviendas. Utilizando modernas técnicas, algunas provenientes de otras partes del mundo que mejoran los procesos constructivos, utilizados por los habitantes locales, para así obtener viviendas amigables con el medio ambiente, resistentes y económicas para la población de bajos recursos económicos.

Como ejemplos de sistemas constructivos con tierra tenemos el adobe, COB, tapial, etc., que ofrecen características únicas que pueden ser aprovechadas para la construcción; algunos de los elementos y materiales convencionales de construcción (cemento, acero) aún tienen un impacto negativo en el medio ambiente en su fabricación; la combinación de muchos elementos o materiales de construcción está asociada al interés humano en facilitar muchas veces el trabajo del hombre, pero el riesgo que hay que pagar es altamente costoso y los efectos que produce son irreversibles.

Las viviendas sostenibles son una alternativa cada vez más frecuente en la construcción ya que permite ser más eficiente en el uso de los recursos energéticos y a la vez

ser respetuoso con nuestro medio ambiente. La Real Academia Española (RAE, 2017) define el término sostenible como aquello “que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”.

La presente investigación teórica tiene como objetivo recopilar información sobre los modernos sistemas de construcción con tierra, que se complementan con las técnicas de nuestros pobladores, y se puede usar en la construcción de viviendas sostenibles, seguras, económicas, además de que sean factibles de aplicar en nuestra región. Estos materiales deberán cumplir con el requisito de disminuir el impacto ambiental producido por materiales utilizados actualmente en la construcción además de disminuir el costo económico, así como ser un material adecuado para usar técnicas de construcción antisísmicas y de aislamiento térmico.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo teórica (Revisión Sistemática), ya que solo se revisará bibliografía de diversos estudios realizados. “Las Revisiones Sistemáticas son investigaciones científicas en las que la unidad de análisis son los estudios originales primarios, a partir de los cuales se pretende contestar a una pregunta de investigación claramente formulada mediante un proceso sistemático y explícito. Por eso se las considera investigación secundaria (investigación sobre lo investigado)” (Ferreira, Urrutia y Coello, 2011, p.689).

Todos los artículos fueron seleccionados de las bases de datos Google Académico y Scielo (Scientific Electronic Library Online). En este estudio se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión: se contemplan las publicaciones realizadas entre 2007 y 2017, como fuente principal de la revisión, los artículos mayormente están en idioma español y en menor medida artículos en inglés (2), no se consideró artículos en otros idiomas, se consideró artículos que tocan temas de sismo resistencia en construcción con tierra, también que toquen temas de sostenibilidad, se consideró solo artículos que hayan sido aceptados.

Para la selección de artículos se ha tenido en cuenta criterios de calidad y de disminución de sesgos en la selección de los estudios incluidos en las revisiones sistemáticas, de modo que hagan posible integrar la información existente, filtrada a partir de dichos protocolos. Además, se utilizó las siguientes palabras claves: Construcción con tierra, Adobe, Tapial, Materiales sostenibles, Sismorresistente.

El protocolo de búsqueda y de extracción de información consistió en por lo menos una lectura de cada uno de los artículos, seleccionando la información relevante para el

desarrollo de la presente investigación como características y propiedades de los materiales de construcción, experimentos antisísmicos, aislamiento térmico y técnicas de construcción. Para analizar los contenidos de los artículos seleccionados en relación con la construcción con tierra, se agruparon los artículos en las siguientes áreas de relevancia: sistemas constructivos, construcción sostenible y construcción sismorresistente en tierra.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

La búsqueda de artículos en las bases de datos arrojó un total 24 artículos (15 de la base de datos Google Académico y 09 de la base de datos Scielo), de los cuales se seleccionó 12 artículos que serán usados en esta investigación (08 de Google Académico y 04 de Scielo), todos los artículos referenciados fueron analizados y codificados ver anexos. En los 12 artículos seleccionados se procedió a la identificación de la tierra como uno de los materiales de construcción mas antiguos, utilizados por el hombre, como también casi olvidado por el progreso del siglo XX y XXI.

Los resultados de la revisión se agruparon en áreas anteriormente mencionadas, hay que tomar en consideración que algunos artículos contienen información sobre más de una de las áreas, los artículos que tratan los temas de sistemas constructivos y sismo resistencia están bastante relacionados. Se encontraron diez artículos que tratan sobre los sistemas constructivos que tienen a la tierra como materia prima, cinco artículos sobre sobre la construcción sostenible y siete sobre construcción sismorresistente en tierra.

En cuanto a sistemas constructivos y construcción sismorresistente, Orta, Adell, Bustamante, García y Vega (2009) presentan una aplicación del Sistema de Albañilería Integral, desarrollado en Europa adaptándolo a la construcción con adobe de viviendas sismorresistentes, utilizando una armadura en forma de cercha para transmitir los esfuerzos de tensión, algo que no es posible en una construcción de solo adobe sin refuerzos, los esfuerzos entre las armaduras se transmiten por medio de la tornillería, que se usa para conectar las cerchas prefabricadas. “Y un objetivo constructivo de solucionar la vivienda social a largo plazo, ofreciendo a las sociedades en vías de desarrollo, un sistema

constructivo sencillo de viviendas, ...con costes mínimos de ejecución” (Orta et al., 2009, p.60).

Por su parte Ruiz, Silva, Cerón y López (2017) realizan un estudio sobre técnicas de reforzamiento antisísmico, aplicables a casas históricas en Colombia como madera de confinamiento, tensores de acero, mallas entre otras. La investigación se llevo a cabo mediante el uso de modelos a escala, usados en pruebas sobre una mesa vibratoria, para corroborar el comportamiento de estos refuerzos ante un movimiento sísmico, observándose que las estructuras resistían mucho mejor con los refuerzos, que sin ellos. Esto no significa que las edificaciones no lleguen a derrumbarse, sino que resisten más dando un poco más de tiempo a sus habitantes de ponerse a salvo.

Gama, et al. (2012) realizan un estudio sobre las técnicas constructivas en tierra usados por los antiguos habitantes de Mesoamérica mostrando mucha similitud en lugares muy alejados unos de otros, tanto física como temporalmente. Las muestras estudiadas provienen de sitios geográficamente diferentes y de épocas distintas, éstas muestran características y propiedades muy similares entre sí, lo que indica una continuidad en la técnica de su manufactura.

Blondet, Vargas, Tarque e Iwaki (2011) investigadores de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) hacen un estudio sobre las técnicas constructivas con tierra utilizadas en el Perú, desde tiempos antiguos muchas de ellas dejadas de lado, con resultados no muy buenos; los investigadores desarrollaron técnicas como el uso de tierra armada. “Se denomina tierra armada al material compuesto de tierra y refuerzos de materiales compatibles y resistentes a tracción, que forman un conjunto desde el punto de vista

mecánico y aprovechan con ventaja las propiedades resistentes de ambos materiales” (Blondet et al., 2011, p.03).

En otro estudio Blondet, et al. (2015) experimentan con adobes reforzados con nylon y sellado de grietas con barro líquido, conocido como grout, cuya combinación mantiene la integridad estructural, se evita la degradación excesiva y sobre todo el colapso de los muros de adobe. Este reforzamiento es factible de ser usado en viviendas de bajo costo ya que los materiales son relativamente baratos y fáciles de conseguir.

Cortés y Sakakibara (2015) recopilan información en una fracción del continente americano, sobre técnicas de construcción, algunas de ellas poco conocidas, en edificaciones de adobe que sobrevivieron a eventos sísmicos. Por otra parte, Yamin, Phillips, Reyes y Ruiz (2007) estudian las vulnerabilidades sísmicas de las construcciones de adobe o tapial, debido principalmente a la poca resistencia a la tensión; así como plantean soluciones para disminuir estas vulnerabilidades, demostrando que retardan significativamente el colapso de las edificaciones.

Sánchez (2007) muestra los resultados de sus investigaciones de la arquitectura en tierra en diferentes partes de Colombia, en su desarrollo muestra las diferentes técnicas constructivas en tierra y su evolución. Técnicas como la tapia pisada, adobe y bahareque son usados desde la época colonial, utilizándose ya en pleno siglo XX técnicas más modernas como los bloques de tierra prensados, lo que demuestra el interés y viabilidad de la arquitectura en tierra.

En cuanto a la construcción sostenible y sus sistemas constructivos, González (2014) hace constancia de la importancia de la eficiencia energética en la construcción de viviendas. Bestraten, Hormías y Altemir (2011) nos ofrecen una visión actual de la construcción con

tierra a nivel internacional, mostrándonos modernas edificaciones con tierra, así como sus técnicas constructivas (tapial, adobe, cob, etc.); también señalan los criterios de sostenibilidad que ofrece la tierra en la construcción que ofrece una gran oportunidad de reducir el impacto ambiental de la edificación de viviendas.

Lobera y Michelutti (2007) nos muestran los resultados de la implementación de proyectos de construcción sostenible en países en vías de desarrollo, capacitando a sus habitantes en la autoconstrucción de viviendas de adobe. Watson y McCabe (2011) nos muestran la técnica constructiva llamada COB utilizada principalmente en Europa que consiste en una mezcla de arcilla, arena y fibra vegetal, esta mezcla se moldea en el mismo sitio de construcción, mientras se levanta el muro. En la siguiente tabla se detalla los resultados encontrados:

Tabla 1: Resultados detallado por artículo.

Artículo científico	Sistemas Constructivos	Construcción Sostenible	Construcción Sismorresistente
Ensayo en Lima (Perú) de edificio de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral.	Adobe local: se hacen con una proporción de tierra-arena-paja 5:1:1 Trenzado de armaduras en forma de cercha, posteriormente se rellena los intersticios con adobe.		La tecnología de armado empleada consiste en un trenzado de armaduras prefabricadas en forma de cercha. La conexión entre las cerchas se hace manualmente mediante tornillería, que será la que absorbe los esfuerzos entre las armaduras.
Evaluación del comportamiento sísmico de casas consistoriales de tapia pisada reforzadas con maderas de confinamiento.	Tapia pisada: se hace mediante la compactación de capas de aproximadamente 100 mm de espesor con una herramienta denominada pisón.		Rehabilitación de casas de tapial o adobe con Maderas de confinamiento; consiste en la instalación de refuerzos horizontales y verticales, para aumentar la resistencia a la flexión de los muros y mantener la unidad de la estructura.

Artículo científico	Sistemas Constructivos	Construcción Sostenible	Construcción Sismorresistente
<p>La importancia de la construcción eficiente en la Patagonia.</p>		<p>El diseño térmico eficiente de las viviendas hace que el gasto energético disminuya, en la construcción de viviendas con tierra es crucial hacer este diseño térmico con una combinación de materiales que ayuden a alcanzar ese fin.</p>	
<p>Construcción con tierra en el siglo XXI.</p>	<p>Adobe: masa de barro, mezclada con paja, moldeada con forma prismática.</p> <p>Tapial: tierra amasada y apisonada en un encofrado para formar muros monolíticos.</p> <p>BTC: bloque de tierra comprimida, es un paralelepípedo de tierra que se prensa mecánicamente.</p> <p>Cob: masa de barro y paja que se apila y moldea a mano para formar muros.</p>	<p>La tierra como material de construcción ayuda a reducir el impacto ambiental de la construcción, es una fuente de abastecimiento ilimitado, los procesos de producción son sencillos, el lugar de extracción puede ser el mismo donde se va a realizar la construcción, el consumo de agua es bajo especialmente en el tapial y BTC.</p>	
<p>Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la PUCP.</p>	<p>Tierra armada: material compuesto de tierra y refuerzos de materiales resistentes a tracción como caña, sogas, tubos de PVC, etc.</p>		<p>Los refuerzos van embutidos en el exterior del muro ya sea vertical u horizontalmente, también se uso mallas electrosoldadas. Permitiendo una adecuada resistencia a los sismos.</p>
<p>Refuerzo sísmico de mallas de sogas sintéticas para construcciones de adobe.</p>	<p>Adobe simple con refuerzos.</p>		<p>Los muros de adobe se refuerzan con una malla de nylon que cubre todos los muros, las grietas son reparadas mediante inyecciones de barro líquido.</p>
<p>Rutas sísmicas ancestrales. Un viaje por las culturas en adobe en los lugares más sísmicos del mundo.</p>	<p>Técnicas antiguas en adobe o tapial.</p>		<p>En construcciones antiguas se encontró técnicas antisísmicas usadas en épocas anteriores algunas desconocidas.</p>

Artículo científico	Sistemas Constructivos	Construcción Sostenible	Construcción Sismorresistente
Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada.	Construcciones típicas en adobe y tapia pisada.		Rehabilitación con refuerzos de madera de confinamiento que dieron un mejor resultado que los refuerzos de malla.
The cob building technique. Past, present and future.	El cob es una técnica de construcción que se uso desde tiempos antiguos en Europa, consiste en crear una masa de barro, fibras vegetales y arena, para crear los muros se moldea esta mezcla hasta darle la forma deseada.		
La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas.	Se hace una revisión de distintas técnicas de construcción con tierra, en diferentes regiones de Colombia. Técnicas como el adobe, tapial o bahareque (palos o caña entrecruzado y cubierto con barro).		
Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica.	La construcción con adobe ya viene desde tiempos prehispánicos en América, acá se revisa sitios arqueológicos de distinta época y lugares distintos, concluyendo que existe continuidad en el uso de adobe.		
Construcción sostenible y construcción de la sostenibilidad: una experiencia en comunidades rurales de El Salvador.		Las actividades constructivas tradicionales tienen un fuerte impacto en el medio ambiente, una buena opción para mitigarla en los países en desarrollo es el uso de la tierra para construir viviendas, además que es mas económico.	Construcción de viviendas con muros de adobe reforzado o bahareque mejorado.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La construcción con tierra además de ser sencilla y económica presenta otras muchas ventajas, que la hacen atractiva para lograr viviendas sostenibles. Se trata esta de un material que se ha usado desde hace miles de años en diversas partes del mundo, aún hoy en día es ampliamente usada en muchas partes del mundo. Pero mantiene el estigma, en nuestra sociedad, de que se considera sinónimo de pobreza y de inseguridad por lo que hasta la gente de bajos recursos económicos está evitando construir con este material, esperemos que con el tiempo esto se deje de lado.

La revisión de la literatura científica realizada nos muestra resultados similares en las tres áreas de relevancia como son sistemas constructivos, construcción sostenible y construcción sismorresistente; como podemos ver en el caso sistemas constructivos casi todos los autores basan sus estudios en las construcciones con adobe y tapial principalmente, estas técnicas son las mas usadas en el mundo; pero también existen otras técnicas un poco menos conocidas como el cob, bahareque o los bloques de tierra comprimida (BTC). Bestraten et al. (2011) muestran ejemplos de construcciones modernas, ampliamente reconocidas, con algunas de las técnicas mencionadas; lo que demuestra la viabilidad técnica, estética y económica de la tierra como material de construcción.

Gama et al. (2012) hacen un estudio arqueológico de asentamientos prehispánicos que, trabajaron el adobe en sus construcciones en diferente espacios geográfico y temporal, lo que nos muestra una continuidad en su uso hasta el día de hoy. Por otra parte, Sánchez (2007) nos hace un estudio sobre la arquitectura en tierra en diferentes regiones de Colombia, tanto de construcciones antiguas como modernas y sus diferentes técnicas, indicando el apoyo del estado revalorizando su patrimonio arquitectónico, lo que lleva al renacimiento de

la arquitectura en tierra. Watson y McCabe (2011) así como Bestraten et al (2011) dan a conocer el cob, una técnica antigua en Europa, una técnica muy interesante que permite al constructor dar rienda suelta a su creatividad.

En cuanto a construcción sismorresistente, varios autores mencionan que a las construcciones se les puede reforzar, para hacerlos mas resistentes a un movimiento sísmico. Estos refuerzos pueden ser maderas de confinamiento, armaduras en forma de cercha, mallas metálicas, tierra armada, entre otras; se puede poner estos refuerzos tanto para viviendas ya existentes como a las que se va a empezar a construir. Orta et al. (2009) realizaron ensayos con muros construidos con armaduras de cerchas rellenas con adobe, demostrando que estas resistieron a las simulaciones sísmicas; siendo las únicas fallas que sufrió, rajaduras en algunas partes del muro de adobe, pero estas pueden ser reparadas con barro líquido y aún pueden ser capaces de resistir otro sismo futuro. Para Ruiz et al. (2016) las maderas de confinamiento son una buena alternativa para reforzar viviendas antiguas construidas con tierra, en los ensayos que realizaron estas viviendas reforzadas resistieron un sismo con resultados favorables, siendo una excelente solución de reforzamiento.

Blondet et al. (2011) indican sobre sus trabajos realizados en los últimos 40 años: “han establecido fundamentos sólidos para el futuro desarrollo del material tierra armada con el que se pueden construir muros de tierra sismorresistentes capaces de salvaguardar la vida de los habitantes” (p.49). Por otra parte, Yamin et al. (2007) realizan ensayos con viviendas reforzadas con madera de confinamiento y otras con malla; llegando a la conclusión de que, las viviendas con madera de confinamiento resistieron mucho mejor que las que tenían malla.

Aunque los ensayos demostraron que las viviendas con reforzamientos antisísmicos son capaces de resistir mucho mejor que una vivienda sin estos refuerzos no significa que no vayan a colapsar, dependiendo de la potencia del evento sísmico, algunas de hecho lograron resistir como se vio en el terremoto en Arequipa en el 2001; y si llegasen a colapsar por lo menos darían tiempo a que sus habitantes se pongan a salvo.

En cuanto a la sostenibilidad los autores coinciden en que la construcción con tierra no tiene un impacto significativo en el medio ambiente a diferencia de la construcción tradicional. A la vez que con el material adecuado también pueden ser eficientes energéticamente siendo, las viviendas, frescas en verano y manteniendo el calor interior en invierno. Al respecto González (2014) indica que: “es también probable que una construcción natural que no considere la eficiencia térmica como prioritaria, no pueda sustentar el gasto energético cotidiano de una vivienda en climas como el de la Patagonia” (p.45).

Bestraten et al. (2011) indican que la tierra ofrece una gran oportunidad de reducir el impacto ambiental y enumeran algunas cualidades que potencian su valor, como que su fuente de abastecimiento es ilimitado, solo tendríamos en cuenta que se debe construir en donde exista el tipo de tierra mejor adecuado a la técnica que se va a usar, otras cualidades es que los procesos de producción son relativamente sencillos y no generan gasto energético muy alto, quizá en algunos lugares sea difícil conseguir agua pero se puede aplicar técnicas como el tapial y el BTC que requieren poca agua.

El constructor puede utilizar cualquiera de estas técnicas o combinarlas, para construir una vivienda, el material necesario es abundante, fácil de conseguir, económico, y no causa mayor impacto al ambiente. En otras partes del mundo se esta retomando el uso de

la tierra como material de construcción utilizando las técnicas antiguas y mejorándolas, de ser necesario, para obtener un mejor resultado tanto en lo que respecta a sostenibilidad y mayor resistencia antisísmica.

Hay que tener en cuenta que la construcción con tierra no está debidamente normado, en muchos países, al respecto Bestraten et al. (2011) indican: “El futuro próximo de la construcción con tierra pasa también por el establecimiento de una normativa, así como de controles pertinentes de calidad, no solo del material sino también de su proceso de ejecución, que permita finalmente incorporar este material, la tierra, en los currículos de docencia universitaria y en la práctica constructiva habitual de cualquier profesional” (p.19). En nuestro país la construcción con tierra esta normado en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.080, pero no está presente en los currículos de muchas universidades, siendo aun una tarea pendiente en la formación de los futuros profesionales.

Finalmente, se puede llegar a las siguientes conclusiones, como que la utilización de la tierra si es una alternativa viable en la construcción de viviendas sostenibles, porque al construir con tierra se disminuye considerablemente el impacto ambiental que produciría una construcción convencional (con concreto, acero, etc.).

Es seguro porque, aunque construir con tierra es inseguro debido a la poca resistencia a la tensión del adobe, tapial, etc. se puede reforzar a estas construcciones ya sea con madera de confinamiento o mallas de acero, haciendo de las viviendas mas seguras ante eventos sísmicos. (para esta revisión no se considero otros eventos como lluvias e inundaciones, pero también hay técnicas para evitar que estos eventos causen daños).

Es económico debido a que la tierra, al ser un material abundante y estar presente en el lugar de construcción; los gastos que se genera de extracción, traslado y otros procesos; son mucho menores que construir con materiales convencionales.

La información recopilada sobre construcción con tierra está bastante detallada en cuanto a técnicas y ensayos, siendo factible su aplicación en nuestra realidad local; claro considerando el tipo de suelo con el que contamos y las técnicas propias de nuestros pobladores, que pueden ser complementadas con el conocimiento adquirido de los artículos científicos consultados.

La información sobre construcción con tierra es limitada en cuanto a artículos científicos, pero se puede conseguir información extra en tesis, así como en libros; que nos pueden ayudar a complementar los conocimientos adquiridos.

Debemos tener especial consideración a las técnicas de construcción antisísmica, debido a que nuestro país se encuentra ubicado en el “cinturón de fuego” del océano pacífico lo que aumenta el riesgo de eventos sísmicos.

Las construcciones con tierra parte de ser seguras, sostenibles y económicas pueden ser viables estéticamente, haciendo visualmente muy atractivas a estas, como ya ocurre en otros países en las que muchas de sus construcciones en tierra modernas son atractivos turísticos muy visitados por los turistas.

REFERENCIAS

- Bestraten, S., Hormías, E. y Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-20. doi: 10.3989/ic.10.046
- Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N. e Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*, 63(523), 41-50. doi: 10.3989/ic.10.017
- Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., Soto, J., Sosa, C. y Sarmiento, J. (2015). Refuerzo sísmico de mallas de sogas sintéticas para construcciones de adobe. *15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, (1), 67-80. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6085973>
- Cortés, M. y Sakakibara, R. (2015). Rutas sísmicas ancestrales. Viaje por las culturas constructivas en adobe en los lugares más sísmicos del mundo. *15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra*, (1), 469-476. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6086002>
- Gama, J., Cruz, T., Pi, T., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., ...Vilanova, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-33222012000200003&script=sci_arttext
- González, A. (2014). La importancia de la construcción eficiente en la Patagonia. *Desde la Patagonia difundiendo saberes*, 11(18), 38-45. Recuperado de <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/11708>

- Ferreira, I., Urrutia, G. y Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*. Recuperado de http://appswl.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?_f=10&pident_articulo=90024424&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=25&ty=106&accion=L&origen=cardio&web=www.revespcardiol.org&lan=es&fichero=25v64n08a90024424pdf001.pdf&anuncioPdf=ERROR_publici_pdf
- Lobera, J. y Michelutti, E. (2007). Construcción sostenible y construcción de la sostenibilidad: una experiencia en comunidades rurales de El Salvador. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, (2), 53-68. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2099/4232>
- Orta, B., Adell, J., Bustamante, R., García, A. y Vega, S. (2009). Ensayo en Lima (Perú) de edificio de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral. *Informes de la construcción*, 61 (515), 59-65. doi: 10.3989/ic.09.006
- Ruiz, D., Silva, M., Cerón, L., y López, C. (2017). Evaluación del comportamiento sísmico de casas consistoriales de tapia pisada reforzadas con maderas de confinamiento. *Revista ingeniería de construcción*, 32 (2), 25-44. Recuperado de <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/633/pdf>
- Sánchez, C. (2007) La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 242-255. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632007000200006&lang=pt

Sostenible. (s.f.). En el Diccionario de la Real Academia Española (23ª ed.). Recuperado de
<http://dle.rae.es/?id=YSE9w6H>

Watson, L. y McCabe, K. (2011). La Técnica Constructiva Del Cob. Pasado, Presente y
Futuro. *Informes de La Construcción*, 63(523), 59-70. doi: 10.3989/ic.10.018

Yamín, L., Phillips B., Reyes J. y Ruiz, D. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica,
rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. *Apuntes: Revista de
Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 286-303). Recuperado de
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-
97632007000200009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632007000200009)

ANEXOS

Tabla 2: Base de datos

Autor	Título	Año	Base de Datos	País	Motivos de exclusión	Motivos de inclusión
Bestraten S., Hormías E., Altemir A.	Construcción con tierra en el siglo XXI	2011	Google Académico	España		Contiene información necesaria para responder la pregunta de la investigación
Blondet M., Vargas J., Tarque N., Iwaki C.	Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú.	2011	Google Académico	España		Contiene información sobre construcción sismorresistente con tierra
Watson L., McCabe K.	The cob building technique. Past, present and future.	2011	Google Académico	España		Contiene información sobre el COB una técnica interesante de construcción con tierra.
Mercier D., Dutil Y., Rousse D., Pronovost F., Boudreau D., Hudon N.	Los aislamientos térmicos naturales: construcción ecológica y eficiencia energética.	2011	Google Académico		Escasa información sobre aislamiento térmico en construcciones con tierra.	
González A., Tognetti C., Van den Heede S.	Beneficios ambientales del uso de paja de cereal para muros en edificios de la Patagonia andina	2011	Google Académico	Argentina	No responde a la pregunta de la Investigación.	
Orta B., Adell J., Bustamante R., García A., Vega S.	Ensayo en Lima (Perú) de edificio de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral.	2009	Google Académico	España		Contiene información sobre construcción sismorresistente con tierra
González A.	La importancia de la construcción eficiente en la Patagonia.	2014	Google Académico	Argentina		Contiene información sobre construcciones sostenibles y eficientes energéticamente.
Brown M., Mas M.	El Proyecto Pirate: formación profesional y certificación en construcción con tierra, desde Europa al mundo.	2015	Google Académico	Ecuador	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	

Autor	Título	Año	Base de Datos	País	Motivos de exclusión	Motivos de inclusión
Guerrero L.	Arquitectura en tierra Hacia la recuperación de una cultura constructiva	2007	Scielo	México		Contiene información que ayuda a responder la pregunta de la investigación.
Vásquez A., Botero L., Carvajal D.	Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional	2015	Google Académico	Colombia	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Jiménez R., Jorquera N., López S., Pereira H.	La red Protierra-Chile y sus proyecciones	2015	Google Académico	Ecuador	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Blondet M., Vargas J., Tarque N., Soto J., Sosa C., Sarmiento J.	Refuerzo sísmico de mallas de sogas sintéticas para construcciones de adobe	2015	Google Académico	Ecuador		Contiene información sobre refuerzos sismorresistentes en construcciones con adobe
Cortés M., Sakakibara M.	Rutas sísmicas ancestrales. Un viaje por las culturas constructivas en adobe en los lugares más sísmicos del mundo	2015	Google Académico	Ecuador		Contiene información sobre construcción sismorresistente con tierra
Cid J., Mazarrón F., Cañas I.	Las normativas de construcción con tierra en el mundo	2011	Google Académico	España	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Romans I.	Comparación del sistema estructural CUT con la construcción convencional de H.A.	2014	Google Académico	España	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Yamin L., Phillips C., Reyes J., Ruiz D.	Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada	2007	Google Académico			Contiene información sobre refuerzos sismorresistentes en construcciones con adobe
Ruiz D., Silva M., Cerón L., López C.	Evaluación del comportamiento sísmico de casas consistoriales de tapia pisada reforzadas con maderas de confinamiento	2017	Scielo	Colombia		Contiene información sobre construcción sismorresistente con tierra

Autor	Título	Año	Base de Datos	País	Motivos de exclusión	Motivos de inclusión
Moran M., Alvarez O.	Investigación de las vibraciones por tráfico en las construcciones patrimoniales de adobe.	2012	Scielo	Colombia	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Molina M., Fernández P.	Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España	2013	Scielo	España	No responde a la pregunta de la Investigación.	
Maldonado E., Chio G.	Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra	2009	Scielo		Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Sánchez C.	La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas	2007	Scielo	Colombia		Contiene información que ayuda a responder la pregunta de la investigación.
Rotondaro R., Cacopardo F.	Propuestas de gestión y prácticas participativas con tecnología de tierra en la vivienda de barrios urbanos pobres. Buenos Aires-Mar Del Plata, Argentina	2012	Scielo	Colombia		Contiene información sobre refuerzos sismorresistentes en construcciones con adobe
Gama J., Cruz T., Pi T., Alcalá R., Cabadas H., Jasso C., Díaz J., Sánchez S., López F., Vilanova R.	Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica	2012	Scielo	México	Insuficiente información que ayude a responder la pregunta de la investigación.	
Rodríguez M., Saroza B., Nolasco P., Barroso I., Ariznavarret a F., González F.	Algunas recomendaciones para la construcción de muros de adobe	2014	Scielo	Colombia		Contiene información que ayuda a responder la pregunta de la investigación.