



**Propiedades sismo resistentes del tapial y la quincha:
Arquitectura vernácula sostenible**

Dennis Anthony Pérez Sánchez

dperezsan@ucv.edu.pe

Escuela de arquitectura

Universidad Cesar Vallejo

ORCID: 0000-0002-5761-9942

Jacqueline Bartra Gómez

jbartrag@ucv.edu.pe

Escuela de Arquitectura

Universidad Cesar Vallejo

ORCID: 0000-0002-2745-1587

RESUMEN

Esta investigación busca evaluar y describir las propiedades sismo resistentes del tapial y la quincha. Siendo el tipo de investigación básica, no experimental, el diseño del estudio se dio mediante revisiones fundadas en investigaciones científicas, que vienen a ser la herramienta principal para la síntesis de información, aumentando la validez y credibilidad de las conclusiones sacadas del estudio a los trabajos revisados, resolviendo áreas donde la investigación y análisis es primordial. En cuanto a las propiedades sismo resistentes del tapial y la quincha, donde según lo analizado, este depende mucho de las cualidades constructivas que se emplean, como lo son, el complementar a los materiales de estos sistemas constructivos, con estabilizadores naturales o comerciales, de igual manera escogiendo y evaluando un buen refuerzo sea interno o externo, para así, de esta manera se garantice la integridad tanto de la construcción como de quienes lo habitan. Por tal razón es primordial tomar en cuenta estos aspectos, evaluando también el impacto social, cultural, económico y ambiental que estos generan.

Palabras clave: Arquitectura, técnica de la construcción, refuerzo, seguridad.

Earthquake resistant properties of the rammed earth and quincha: vernacular sustainable architecture.

ABSTRACT

This research seeks to evaluate and describe the earthquake-resistant properties of the rammed earth and quincha. Being the type of basic research, not experimental, the design of the study was given through reviews based on scientific research, the analysis was carried out based on authentic primary studies, which become the main tool for the synthesis of information, increasing the validity and credibility of the conclusions drawn from the study to the reviewed works, solving areas where research and analysis are essential. Regarding the earthquake-resistant properties of the mud and the quincha, where according to what has been analyzed, this depends a lot on the constructive qualities that are used, such as complementing the materials of these constructive systems, with natural or commercial stabilizers, of, In the same way, choosing and evaluating a good internal or external reinforcement, to guarantee the integrity of both the construction and those who inhabit it. For this reason, it is essential to take these aspects into account, also evaluating the social, cultural, economic, and environmental impact that they generate.

Keywords: Architecture, construction technique, reinforcement, security.

Artículo recibido: 03 nov. 2020

Aceptado para publicación: 07 dic. 2020

Correspondencia dperezsan@ucv.edu.pe

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

Las construcciones de tierra se encuentran actualmente en todo el mundo, especialmente en los países con mayores necesidades habitacionales y menores recursos, como África, Oriente Medio y Latinoamérica. Es precisamente en América Latina, especialmente en Bolivia, donde se pueden encontrar ejemplos más grandes de edificaciones que utilizaban el suelo como principal material constructivo, esto ocurre especialmente en las zonas rurales, como lo muestra el censo de población y vivienda (2012), de 1992 a 2012, hubo una reducción porcentual del 27,6%.

Cuadro 01. Porcentaje de construcciones con paredes de tierra en zona rural.

<i>Año censal</i>	<i>1992</i>	<i>2001</i>	<i>2012</i>
<i>Construcciones con paredes de tierra.</i>	65%	52.8%	37,4%

Fuente: elaboración propia

Esto se debe a diferentes factores, en los que se puede destacar, los factores sísmicos y la característica evolutiva de nuestra sociedad actual, que tiene preferencia por construcciones donde se usan como materiales principales el hormigón y los ladrillos, también llamado "material noble", que han ido reemplazando a los materiales tradicionales.

Por otro lado, muchos han asociado la arquitectura de tierra, con ideas de pobreza, atraso y peligro, sin tomar en cuenta las virtudes de este material, que solo necesita soporte técnico, basado en un adecuado sistema normativo, que permita su correcta implementación. La tierra se ha utilizado como material constructivo desde hace mucho tiempo, sobre todo por ser un material presente en todos lados y de fácil acceso, un claro ejemplo a nivel mundial viene a ser la ciudad de shibam en Yemen, considerado patrimonio de la Humanidad de la Unesco, que cuenta con edificios que llegan hasta los 14 pisos, construidos con tierra en distintas técnicas, los datos más antiguos en los que se da a conocer su existencia, datan del siglo II d.c. Lo increíble de las construcciones realizadas con este material, es su registro y duración a lo largo de todo este tiempo, lo que expone las grandes virtudes que tiene.

Las cualidades de sistemas constructivos como la quincha y tapial, como material sostenible son muchas, por lo que se espera que las investigaciones, el interés de la población y de los profesionales siga en aumento, para fomentar e impulsar este tipo de

técnicas autóctonas de construcción, en el siglo XXI la conciencia ambiental está en aumento, el cual puede garantizar una buena proyección a futuro.

Como Formulación del Problema principal tenemos si el tapial y la quincha como sistemas constructivos sostenibles, son seguros ante fuerzas sísmicas este artículo tiene como objetivo Evaluar las propiedades sismo resistentes del tapial y la quincha como sistemas constructivos sostenibles.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS O MATERIALES Y MÉTODOS

La naturaleza de la investigación será básica, no experimental; y se realizarán revisiones documentales, basadas en el análisis de estudios científicos. Por lo tanto, resultan ser herramientas útiles para la síntesis de la información científica disponible, validar las conclusiones e identificar aspectos en donde se necesite más investigación como complemento.

La recolección de datos se desarrolló gracias a la revisión bibliográfica de artículos, en donde el tema principal de investigación fueron las propiedades sismo resistentes del tapial o tierra apisonada y la quincha. Como punto de partida, se revisaron títulos y resúmenes de las referencias encontradas, lo que sirvió para la elección de las informaciones más resaltantes. Seguidamente, se procedió a la revisión de textos completos seleccionados para ratificar su elección. Para la revisión sistemática de los 10 artículos seleccionados se utilizó la técnica analítica, donde se evaluó cada uno de los estudios para extraer la información más relevante para realizar el respectivo análisis.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Estudios revisados sobre Análisis comparativo sismo resistente del tapial y la quincha.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

1. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Cuitiño, R., Rotondaro, R. y Esteves, A.	2020	Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra	Revista de Arquitectura (Bogotá) https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/2348 .	Vol 22, Iss 1, Pp 138-151 (2020)

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo y Diseño de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación utilizada fue experimental, de tipo descriptivo-comparativo.	Ficha de registro	Código de ética en investigación	Como resultado se tiene en cuenta lo demostrado en este estudio, donde se expone las propiedades que brindan las construcciones con tierra, y resaltar que se presenta como una alternativa segura para la construcción de viviendas.	Se toma en cuenta, que, mientras avanza el tiempo la demanda habitacional sigue en aumento, por lo que para, cubrir esa necesidad se presentan alternativas constructivas sustentables y seguras, representan una gran opción de desarrollo.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

2. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Canivell, J., J., Alejandre, J., García, H., y Jiménez	2018	Considerations on the physical and mechanical properties of lime-stabilized rammed earth walls and their evaluation by ultrasonic pulse velocity testing	Construction and Building Materials https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/81052	Vol. 191, 826-836

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo y Diseño de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-descriptivo.	Se utilizó el ultrasonido como complementaria.	Código de ética en investigación	Los estudios demostraron, que la excesiva o insuficiente cantidad de humedad presente en el momento de moldeado de muros de tierra, determina directamente las propiedades físico-mecánicas de las paredes.	Se espera que esta investigación y sus resultados sean útiles para futuras construcciones de este tipo, se confirma que la técnica de ultrasonido, es valida para evaluar la calidad de una pared, ya que su respuesta, aunque con ciertas limitaciones, fue consistente respecto a sus propiedades físico - mecánicas .

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

3. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Zhou,T., Liu, B.	2019	Experimental study on the shaking table tests of a modern inner-reinforced rammed earth structure	Construction and Building Materials	Apr2019, Vol. 203, p567-578. 12p

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo y Diseño de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-descriptivo.	Se utilizó como prueba la mesa vibratoria.	Código de ética en investigación	Los estudios demostraron, que al someter este tipo de construcciones reforzando los muros interiormente, con varillas de bambú, madera o metal, resulta ser un buen refuerzo y aporta de esta manera seguridad y resistencia ante cargas sísmicas.	Después de una revisión general del proceso de construcción en un sitio y los resultados de las pruebas de la mesa vibratoria, es fácil sacar conclusiones de que estos refuerzos internos son adecuados para edificios de tierra apisonada , por lo que se incentiva a construir ampliamente edificaciones que utilicen el tapial como Sistema constructivo principal.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

4. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Cuitiño,G. Maldonado, Rotondaro,R.	Esteves,A., G. y 2015	Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha	Centro Científico Tecnológico – CONICET, en Mendoza-Argentina	67 (537), art. no. e063

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-descriptivo.	Se utilizó el hoque blando para medir la resistencia	Código de ética en investigación	Los paneles de quincha fueron contruidos y probados a golpes suaves, en escala 1: 1. La deformación permanente en todos los casos fue inferior a los 3,6 mm exigidos por la norma actual. Esto	La investigación demuestra que, el comportamiento térmico y estructural, sumado a las características de ser económico, culturalmente representativo, y con bajo impacto ambiental,

implica que no hubo deformaciones apreciables que sufrieron los cerramientos, dando seguridad a una vivienda. convierte a la quincha como una buena opción de sistema constructivo para las viviendas.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

5. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Cuitiño, G. Esteves, J.,	2020	El sistema constructivo de la quincha en zonas rurales del Norte de Mendoza (Argentina)	Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca	Estoa vol.9 no.17, p93

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-descriptivo.	Observación directa, entrevistas.	Código de ética en investigación	Los resultados de la investigación demuestran que las propiedades sismo resistentes de la quincha presentan variaciones según el contexto natural y cultural en el que se construyen. Factores como el clima y disponibilidad del material, resaltan la importancia de reconocer cada zona en donde se piensa construir con este sistema.	se resalta la importancia de estudiar muy bien el comportamiento del material de acuerdo al lugar en la que se construirá, ya que de estos estudios previos dependerá la buena ejecución y comportamiento de la construcción a realizarse, aportando de esta manera datos que permitan gestionar su valor y conservación.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

6. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Shrestha, K, Aoki, T.	2020	In-plane shear resistance between the rammed earth blocks with simple interventions: Experimentation and finite element study	JST/JICA, SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development)	project (Grant No. JPMJSA1611).

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental	ensayos de resistencia a la rotura por tracción y compresión en muestras extraídas de núcleos cilíndricos (probetas)	Código de ética en investigación	Se discute la efectividad de una intervención simple en los muros, con la inserción de un anclaje de hormigón armado en la interfaz del bloque de tierra apisonada, como medida de refuerzo. Los resultados mostraron que la resistencia al corte de la muestra reforzada aumentó en un 12,3%	Para el análisis de este trabajo de investigación, se tomó en cuenta tanto las observaciones experimentales como los cálculos numéricos, que mostraron la eficacia de la técnica de intervención propuesta para mejorar la resistencia al corte y retrasar de esta manera el deslizamiento a lo largo de la interfaz de las juntas en los muros de tapial.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

7. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Yang, X. , Wang,H.	2018	Seismic Behavior of Rammed Earth Walls with Precast Concrete Tie Columns	Advances in Materials Science & Engineering.	3/13/2018, p1-10. 10p.

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
experimental-Descriptivo	se utilizaron pruebas de probetas	Código de ética en investigación	Los resultados mostraron que se podría lograr un aumento significativo de la capacidad de carga y deformación con la aplicación de columnas de hormigón prefabricado en combinación con la tierra apisonada. La capacidad de carga y la capacidad de deformación del muro tradicional de energía renovable se incrementaron en un promedio de 113% y 417%, respectivamente.	Con los resultados de estas pruebas se llegó a la conclusión, que este tipo de refuerzo podría servir de referencia al momento de diseñar y construir edificaciones de tierra apisonada, representando de esta manera estructuras respetuosas con el medio ambiente y estructuralmente resistentes en zonas rurales.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

8. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Zhang, K., Lu, B., Wang, Y., Lei, Z., Yang, Z	2019	Experimental Strength of Earth-Based Construction Materials in Different Regions of China	Advances in Materials Science & Engineering.	3/3/2019, p1-9. 9p.

Tipo de Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-Descriptivo	se utilizaron pruebas de probetas	Código de ética en investigación	Los resultados expusieron, que, de las muestras tomadas en diferentes regiones de china, la tierra negra y la tierra amarilla del noroeste de la región, parecen ser más favorables como material de construcción, ya que aportan propiedades beneficiosas al momento del uso constructivo que se le dé, por lo que estos resultados pueden servir como referencia para la selección de material en futuras construcciones.	Se concluyó que existían diferencias significativas en la composición de los materiales de construcción a base tierra, y que éstas mismas influyen directamente el comportamiento sismo resistente de la construcción.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

9. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Khadka, B	2020	Rammed earth, as a sustainable and structurally safe green building: A housing solution in the era of global warming and climate change	Asian Journal of Civil Engineering	Volume 21, Issue 1, 1 February 2020, Pages 119-136.

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-descriptivo	Prototipos de vivienda	Código de ética en investigación	Los resultados mostraron que, las muestras estabilizadas con cemento (cemento al 5%) tuvieron mejores resultados generales que las muestras estabilizadas con estiércol y sin estabilizar. Además, la comparación de costos mostró que la pared de tierra apisonada de 360 mm de espesor era un 10-15% más barata que la pared de ladrillo de 230 mm de espesor	La intención principal del estudio es proporcionar una solución en forma sostenible, exponiendo la capacidad de refuerzo sísmico que presentan las construcciones con materiales alternativos como la tierra apisonada donde se utiliza subsuelo natural como constituyente primario.

DATOS DE LA PUBLICACIÓN

10. Autor	Año	Nombre de la Investigación	Revista dónde se ubica la Publicación	Volumen y número
Bui, Q., & Bui, T.	2020	Seismic behaviour of rammed earth walls: A time history analysis	Lecture Notes in Civil Engineering	Volume 54, 2020, Pages 143-148.

CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN

Tipo Investigación	Instrumentos	Aspectos éticos	Resultados	Conclusión
El tipo de investigación es experimental-descriptivo	Análisis de Probetas.	Código de ética en investigación	El modelo se escaló en diferentes amplitudes para evaluar los daños después de diferentes intensidades de cargas sísmicas. se concluyó registrando los daños que se pudo lograr y se discutió el comportamiento sísmico, el cual fue favorable y nos da una visión segura de este tipo de construcciones.	Con los resultados obtenidos anteriormente se concluye que las edificaciones con tierra resultan ser una alternativa vernácula – sostenible, óptima y segura para futuras construcciones, incentivando de esta manera el cuidado y preservación cultural de los lugares en donde se implementarán.

4. DISCUSION

De acuerdo a la revisión de los artículos, encontramos que del 100% de artículos estudiados, el 30% de artículos presentados son de América latina, como lo son Argentina y Colombia, el 70% restante engloba estudios realizados en Asia y Norte América. En lo que respecta a los diseños y tipos de estudios el 100% son descriptivos.

En lo que concierne a las propiedades sismo resistentes del tapial y la quincha se puede resaltar que Cuitiño,G. Esteves,J., exponen que las propiedades sismo resistentes de la quincha presentan variaciones según el contexto natural y cultural en el que se construyen, por lo que es importante reconocer cada zona, estudiar factores como el clima y disponibilidad del material, para tomar decisiones tanto de diseño, como de construcción..

Por su parte Zhou,T., Liu, B., demuestran la importancia que representa reforzar interiormente los muros de tierra apisonada con varillas de madera, bambú o de metal, para asegurar una construcción firme y segura ante posibles cargas sísmicas en el futuro.

De igual forma Cuitiño,G. Esteves,A., Maldonado. G. y Rotondaro,R., nos mencionan en su investigación que las construcciones realizadas con paredes de quincha resisten de manera favorable a cargas sísmicas, sin sufrir daños considerables, por lo que se expone a este sistema constructivo como una alternativa segura. Además, Shrestha, K, Aoki, T. nos muestran la efectividad de una intervención simple en los muros, con la inserción de un anclaje de hormigón armado en los muros de tierra apisonada, como medida de refuerzo demostrando así la resistencia al corte frente a cargas sísmicas.

5. CONCLUSIÓN O CONSIDERACIONES FINALES

Existen numerosos estudios que demuestran los beneficios que presentan las construcciones de tapial y quincha ante fuerzas sísmicas, factores como; la diferencia de ejecución, elección de materiales y técnicas constructivas adecuadas, son los principales componentes que aportan dichas propiedades. Es preciso señalar también, que, la ubicación geográfica o emplazamiento de la construcción, resulta ser uno de los puntos más importantes a tomar en cuenta, ya que se tiene que evaluar meticulosamente condicionantes, como el clima, disponibilidad de materiales e influencias socio-culturales propias de cada lugar.

Actualmente la preocupación por el cuidado del medio ambiente y reducir la huella de carbono en el ámbito constructivo, es muy grande, por lo que representan una opción constructiva sustentable, por el bajo impacto ambiental, y económico que este genera. Es

por ello que el interés y estudio de estos sistemas constructivos resulta ser de gran importancia, por los beneficios intrínsecos que estos representan en distintos ámbitos.

6. LISTA DE REFERENCIAS

- María Guadalupe Cuitiño-Rosales, Rodolfo Rotondaro, & Alfredo Esteves. (2020). Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(1), 138–151. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348>
- Canivell, J., Martín del Río, J. J., Alejandro Sánchez, F. J., García Heras, J., & Jiménez Aguilar, A. (2018). Considerations on the physical and mechanical properties of lime-stabilized rammed earth walls and their evaluation by ultrasonic pulse velocity testing.
- Zhou, T., & Liu, B. (2019). Experimental study on the shaking table tests of a modern inner-reinforced rammed earth structure. *Construction & Building Materials*, 203, 567–578. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.070>
- Cuitiño, G., Esteves, A., Maldonado, G., & Rotondaro, R. (2015). Analysis of thermal transmittance and resistance to soft shock in wattle walls. [Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha] *Informes De La Construccion*, 67(537) doi:10.3989/ic.12.082
- Esteves, Matías Jose, & Cuitiño, Guadalupe. (2020). El sistema constructivo de la quincha en zonas rurales del Norte de Mendoza (Argentina). *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 9(17), 153-169. <https://doi.org/10.18537/est.v009.n017.a08>
- Yang, X., & Wang, H. (2018). Seismic Behavior of Rammed Earth Walls with Precast Concrete Tie Columns. *Advances in Materials Science & Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/9739853>
- Zhang, K., Lu, B., Wang, Y., Lei, Z., & Yang, Z. (2019). Experimental Strength of Earth-Based Construction Materials in Different Regions of China. *Advances in Materials Science & Engineering*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2019/8130743>
- Khadka, B. (2020). Rammed earth, as a sustainable and structurally safe green building: A housing solution in the era of global warming and climate change. *Asian Journal of Civil Engineering*, 21(1), 119-136. doi:10.1007/s42107-019-00202-5 Retrieved from www.scopus.com

- Bui, Q. -, & Bui, T. -. (2020). *Seismic behaviour of rammed earth walls: A time history analysis* doi:10.1007/978-981-15-0802-8_19 Retrieved from www.scopus.com
- Shrestha, K. C., Aoki, T., Miyamoto, M., Wangmo, P., & Pema. (2020). In-plane shear resistance between the rammed earth blocks with simple interventions: Experimentation and finite element study. *Buildings*, 10(3) doi:10.3390/buildings10030