



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

## **INFLUENCIA DEL MICELIO COLONIZADO EN PAJA DE ICHU EN PORCENTAJES DE 50%, 75% Y 100% EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE TRADICIONAL PROVINCIA DE CAJAMARCA, 2025**

**Tesis para optar al título profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Waldo Saul Leon Sanchez

**Asesor:**

Mg. Ing. Mario Rene Carranza Liza

<https://orcid.org/0000-0002-7372-0004>

Cajamarca - Perú

2025

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	GONZALO HUGO DIAZ GARCIA
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	SHEYLA YULIANA CORNEJO RODRIGUEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	MARIO RENE CARRANZA LIZA
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD



Página 2 de 163 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trnoid::1:3457793072




### 14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

#### Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

##### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

**TABLA DE CONTENIDOS**

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento .....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
RESUMEN.....	14
Palabras Clave: .....	14
ABSTRACT .....	15
Keywords:.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	16
ANTECEDENTES .....	19
BASES TEÓRICAS .....	24
JUSTIFICACIÓN.....	33
DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	34
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	35
OBJETIVOS.....	35
HIPÓTESIS .....	35

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	36
POBLACIÓN Y MUESTRA .....	44
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	45
TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN ..	45
CONSIDERACIONES ÉTICAS:.....	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	49
PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1:.....	49
PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2:.....	54
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	61
DISCUSIÓN.....	61
CONCLUSIONES.....	67
PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 1:.....	67
PARA EL OBJETIVO ESPECÍFICO 2:.....	68
LIMITACIONES:.....	69
IMPLICANCIAS.....	71
RECOMENDACIONES .....	74
REFERENCIAS .....	76
ANEXOS.....	83
1.    Análisis de Costos.....	84
2.    Clasificación de suelo la cantera “La Fortuna”.....	87
3.    Guías y protocolo de laboratorio.....	88

4.	Panel Fotográfico .....	96
5.	Informe del software estadístico Jamovi.....	108
6.	Certificados de mantenimiento de equipos de laboratorio.....	110
7.	Protocolos de laboratorio .....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Limitación de número de pisos según la zona sísmica. ....	25
<b>Tabla 2</b> Relación de ensayos de laboratorio para el material extraído. ....	39
<b>Tabla 3</b> Muestra de la investigación .....	45
<b>Tabla 4</b> Resultados de Ensayo de Contenido de Humedad. ....	50
<b>Tabla 5</b> Resultados del Ensayo de Análisis Granulométrico mediante tamizado por lavado.....	50
<b>Tabla 6</b> Resultados del Ensayo de determinación de Límite Líquido. ....	51
<b>Tabla 7</b> Resultados del Ensayo de determinación de Límite Plástico. ....	52
<b>Tabla 8</b> Determinación del índice de Plasticidad. ....	53
<b>Tabla 9</b> Clasificación SUCS y AASHTO.....	53
<b>Tabla 10</b> Resultados de ensayo de resistencia a la compresión del grupo patrón .....	54
<b>Tabla 11</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión con 50% de colonización.....	54
<b>Tabla 12</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión con 75% de colonización.....	55
<b>Tabla 13</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión con 100% de colonización.....	55
<b>Tabla 14</b> Análisis de resultados mediante estadística descriptiva. ....	56
<b>Tabla 15</b> Resultado del promedio de los mejores 4 resultados.....	56
<b>Tabla 16</b> Resultados de prueba de normalidad Shapiro-Wilk. ....	57
<b>Tabla 17</b> Resultados de prueba Levene para homogeneidad de varianza. ....	59

<b>Tabla 18</b> Resultados de prueba análisis de varianza ANOVA de un Factor. ....	59
<b>Tabla 19</b> Resultados de prueba post hoc de Tukey.....	60
<b>Tabla 20</b> Medidas de ajuste del modelo de regresión lineal.....	60
<b>Tabla 21</b> Coeficientes del modelo de regresión lineal para la resistencia a la compresión .....	60
<b>Tabla 22</b> Discusión comparativa entre los resultados obtenidos y estudios previos. ....	64
<b>Tabla 23</b> Discusión comparativa entre metodologías de estudios previos .....	65
<b>Tabla 24</b> Discusión comparativa condiciones de curado y secado de estudios previos	66
<b>Tabla 25</b> Matriz de operacionalización de variables .....	83
<b>Tabla 26</b> Costo de producción de micelio en paja de ichu .....	84
<b>Tabla 27</b> Análisis de costos unitarios para adobe patrón.....	84
<b>Tabla 28</b> Análisis de costos unitarios para adobe con 50% de colonización.....	85
<b>Tabla 29</b> Análisis de costos unitarios para adobe con 75% de colonización.....	85
<b>Tabla 30</b> Análisis de costos unitarios para adobe con 100% de colonización.....	85
<b>Tabla 31</b> Costo total de la elaboración de adobes para la investigación .....	86
<b>Tabla 32</b> Diferencia y variación de costos.....	86

### ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Resistencia última mínima. ....	43
<b>Ecuación 2</b> Determinación del Límite Líquido .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Proceso de colonización del micelio .....	28
<b>Figura 2</b> Seta de hongo Pleurotus Ostreatus.....	29
<b>Figura 3</b> Representación del ensayo de resistencia a la compresión. ....	31
<b>Figura 4</b> Ubicación de la cantera “La Fortuna” .....	37
<b>Figura 5</b> Prueba “Cinta de barro” .....	38
<b>Figura 6</b> Prueba de resistencia seca o presencia de arcilla. ....	39
<b>Figura 7</b> Procedimiento de preparación de la paja con micelio para la elaboración de adobes. ....	42
<b>Figura 8</b> Resultado de la prueba de resistencia seca.....	49
<b>Figura 9</b> Resultados de la prueba de la cinta de barro. ....	49
<b>Figura 10</b> Curva Granulométrica.....	51
<b>Figura 11</b> Gráfico para la determinación del Límite Líquido.....	52
<b>Figura 12</b> Gráfico Q-Q de la prueba de normalidad del grupo patrón. ....	57
<b>Figura 13</b> Gráfico Q-Q de la prueba de normalidad del grupo con 50% de colonización. ....	58
<b>Figura 14</b> Gráfico Q-Q de la prueba de normalidad del grupo con 75% de colonización. ....	58
<b>Figura 15</b> Gráfico Q-Q de la prueba de normalidad del grupo con 100% de colonización. ....	59
<b>Figura 16</b> Barras de comparación de costos .....	86

<b>Figura 17</b>	Clasificación por sistema SUCS .....	87
<b>Figura 18</b>	Clasificación por sistema AASHTO .....	87
<b>Figura 19</b>	Guía de laboratorio Contenido de Humedad.....	88
<b>Figura 20</b>	Guía de laboratorio Análisis Granulométrico .....	89
<b>Figura 21</b>	Guía de laboratorio Límites de Atterberg .....	90
<b>Figura 22</b>	Protocolo de ensayo de contenido de humedad .....	92
<b>Figura 23</b>	Protocolo de ensayo de granulometría .....	93
<b>Figura 24</b>	Protocolo de ensayo de límites de Atterberg .....	94
<b>Figura 25</b>	Protocolo de ensayo de resistencia a la compresión .....	95
<b>Figura 26</b>	Cantera de adobes “La Fortuna” .....	96
<b>Figura 27</b>	Elaboración de la prueba de “Resistencia Seca”.....	96
<b>Figura 28</b>	Elaboración de la prueba “Cinta de Barro”.....	97
<b>Figura 29</b>	Ensayo de Granulometría.....	97
<b>Figura 30</b>	Secado de muestra para ensayos de contenido de humedad y granulometría .....	98
<b>Figura 31</b>	Ensayo de Límite Líquido .....	98
<b>Figura 32</b>	Ensayo de Límite Plástico.....	99
<b>Figura 33</b>	Grupo de WhatsApp “#FUNGILOVERS” .....	99
<b>Figura 34</b>	Colonización de Pleurotus Ostreatus solicitado.....	100
<b>Figura 35</b>	Colonización en granos de trigo.....	100
<b>Figura 36</b>	Desinfección de la paja de ichu.....	101

<b>Figura 37</b> Inoculación de la paja de ichu.....	101
<b>Figura 38</b> Colonización de la paja de ichu. ....	102
<b>Figura 39</b> Paja de ichu colonizada y sin colonizar para la elaboración de adobes. ....	102
<b>Figura 40</b> Cernido del suelo para la elaboración de adobes. ....	103
<b>Figura 41</b> Adición de la paja colonizada a la mezcla para la elaboración de adobes. .	103
<b>Figura 42</b> Mezcla de los materiales para la elaboración de adobe. ....	104
<b>Figura 43</b> Elaboración de los cubos de adobe. ....	104
<b>Figura 44</b> Elaboración de los 40 adobes, muestra de la investigación .....	105
<b>Figura 45</b> Desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión.....	105
<b>Figura 46</b> Desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión. ....	106
<b>Figura 47</b> Fragmento de adobe sometido a ensayo de resistencia a la compresión. ..	106
<b>Figura 48</b> Eliminación residuos de ensayo de resistencia a la compresión. ....	107
<b>Figura 49</b> Colonización activa de micelio de Pleurotus Ostreatus sobre viruta. ....	107
<b>Figura 50</b> Informe de pruebas estadísticas. ....	108
<b>Figura 51</b> Informe de mantenimiento de balanza digital.....	110
<b>Figura 52</b> Informe de mantenimiento de horno de secado .....	111
<b>Figura 53</b> Informe de mantenimiento de prensa hidráulica digital.....	112

## RESUMEN

El adobe, material ancestral ampliamente utilizado en la arquitectura tradicional de Perú, En construcción enfrenta limitaciones estructurales debido a su baja resistencia mecánica y vulnerabilidad ante la humedad y sismos. La investigación tuvo como propósito determinar en qué medida el micelio colonizado en paja de ichu afecta la resistencia a la compresión del adobe tradicional. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de carácter aplicado, con nivel explicativo y diseño experimental completamente aleatorizado. Se trabajó con cuatro tratamientos: 0% (control), 50%, 75% y 100% de colonización de micelio en la paja de ichu. Los resultados determinaron que el suelo empleado fue una arcilla de baja plasticidad (CL), adecuada para la fabricación de adobes. Asimismo, la resistencia a la compresión no aumentó progresivamente con los niveles de colonización, alcanzando su valor máximo con el 75% de micelio, con una resistencia promedio de 20.6 kg/cm<sup>2</sup>, equivalente a un incremento del 35.5% respecto al patrón. El análisis estadístico inferencial confirmó que este nivel genera mejoras significativas en el comportamiento mecánico del material. Se concluye que la adición controlada de micelio en paja de ichu representa una alternativa efectiva, sostenible y ecológica para mejorar la resistencia del adobe tradicional en la provincia de Cajamarca.

### **Palabras Clave:**

Adobe tradicional, micelio de hongo, Pleurotus ostreatus, resistencia a la compresión, construcción sostenible.

## ABSTRACT

Adobe, an ancestral material widely used in Peru's traditional architecture, faces structural limitations in construction due to its low mechanical strength and its vulnerability to moisture and earthquakes. This research aimed to determine the extent to which mushroom mycelium colonized on ichu straw affects the compressive strength of traditional adobe. The study followed a quantitative, applied approach, with an explanatory level and a completely randomized experimental design. Four treatments were evaluated: 0% (control), 50%, 75%, and 100% mycelium colonization on ichu straw.

The results showed that the soil used was a low-plasticity clay (CL), suitable for adobe production. Likewise, compressive strength did not increase progressively with higher levels of colonization; instead, it reached its maximum at 75% mycelium, with an average strength of 20.6 kg/cm<sup>2</sup>, corresponding to a 35.5% increase compared to the control group. Inferential statistical analysis confirmed that this level produced a significant improvement in the material's mechanical performance.

It is concluded that the controlled addition of mycelium on ichu straw represents an effective, sustainable, and eco-friendly alternative for enhancing the strength of traditional adobe in the province of Cajamarca.

### **Keywords:**

Traditional adobe, fungal mycelium, *Pleurotus ostreatus*, compressive strength, sustainable construction.

## **NOTA**

El contenido de la investigación no se encuentra disponible en **acceso abierto** por determinación de los propios autores, en concordancia con el Texto Integrado del Reglamento RENATI (artículo 12), la Directiva N°048-2020-CONCYTEC-P que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto (ALICIA) administrado por el pliego Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC y la Ley N° 29733, Ley de Protección de Datos Personales.

## REFERENCIAS

- Altamirano, C. (2019). Incidencia de la fibra vegetal paja ichu en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Aranda-Calipuy, M. M., Roncal-Lázaro, A., Quezada-Alvarez, M. A., Siche, R., Cabanillas-Chirinos, L., Benites, S. M., & Rojas-Flores, S. R. (2023). Pleurotus ostreatus mycelium and sugarcane bagasse as substitute environment-friendly material for polystyrene foam. *Sustainability*, 15(12), 9157. <https://doi.org/10.3390/su15129157>
- Ashour, T., Wieland, H., Georg, H., & Bockisch, F. J. (2010). The influence of natural reinforcement fibres on insulation values of earth plaster for straw bale buildings. *Materials & Design*, 31(10), 4676–4685. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.05.056>
- Bartolomé Ramos, D., & Quiun, D. (2012). Comportamiento sísmico de viviendas de adobe en los terremotos del 2001 y 2007 en Perú. Actas de la XI Conferencia Internacional Terra 2012, Lima, Perú.
- Blondet, M., Vargas, J., & Tarque, N. (2011). Construcción sismo resistente en adobe reforzado. Fondo Editorial PUCP.
- Cantú Páez, D. N. (2024). Aplicación de fibras vegetales en la estabilización de suelos: Una revisión de literatura. Universidad César Vallejo.
- Chang, S. T., & Miles, P. G. (1997). *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC Press.
- Chang, S. T., & Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact*. CRC Press.

- CRA Terre. (2012). Earth construction: A comprehensive guide. Intermediate Technology Publications.
- Conde, M. (2021). Biocompuestos de micelio y sus posibles aplicaciones en la arquitectura (Tesis de maestría). Universidad de Valladolid.
- Cruz-Crespo, E. (2012). Manual de producción de sustratos para horticultura. UNAM.
- Daniel, W. W. (2004). Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud (9.<sup>a</sup> ed.). Limusa Wiley
- Das, B. M. (2015). Principles of geotechnical engineering (8th ed.). Cengage Learning.
- Day, R. W., & Quinn, G. P. (1989). Comparisons of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs*, 59(4), 433–463.  
<https://doi.org/10.2307/1943075>
- EIRD / UNISDR. (2009). La prevención sísmica en viviendas de adobe en Perú. Revista EIRD Informa, Las Américas.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). SAGE Publications.
- Guerrero Baca, L. (2012). *Arquitectura en tierra: tradición y sostenibilidad*. Fondo Editorial Universidad Ricardo Palma.
- Gómez Ramírez, L. A. (2018). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Gupta, A., & Sharma, R. K. (2018). Performance of compressed stabilized earth blocks for sustainable construction. *Construction and Building Materials*, 172, 218–226.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.241>
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Scientific Reports*, 7(1), 41292.  
<https://doi.org/10.1038/srep41292>
- Haneef, M., et al. (2017). Fabrication of mycelium-based composites derived from spent coffee grounds with pineapple fibre reinforcement. Taylor & Francis.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.a ed.). McGraw-Hill.
- Hilas, J. (2023). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos fabricados con micelio fúngico para su uso en losas aligeradas. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Holgado, J., Ccallo, F., Mamani, R., & Sutta, V. (2024). Idoneidad del micelio de hongos para la producción de micro materiales. Universidad Andina del Cusco.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). An introduction to geotechnical engineering (2nd ed.). Pearson.
- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). Earth construction: A handbook of building with earth. Intermediate Technology Publications.
- Instron. (2016). Compression testing of materials: Principles and procedures. Instron Corporation.

- Jones, M., Huynh, T., Dekiwadia, C., Daver, F., & John, S. (2020). Mycelium composites: A review of engineering characteristics and growth kinetics. *Journal of Bionic Engineering*, 17(5), 928–952. <https://doi.org/10.1007/s42235-020-0046-3>
- Jones, M. P., Bhat, T., Wang, C. H., & John, S. (2020). Mycelium-based composites for sustainable building construction. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119066>
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento*. McGraw-Hill.
- Kuhar, J. (2013). *Fungal biology and ecology*. Academic Press.
- Kwak, S. G., & Kim, J. H. (2017). Central limit theorem: The cornerstone of modern statistics. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(2), 144–156. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.2.144>
- Jones, M. (2020). *Waste-derived mycelium materials for non-structural and semi-structural applications* (Tesis doctoral, Universität Wien). Universidad de Viena.
- Machado Saavedra, R. (2025). *El efecto de la incorporación de micelio de hongos en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería artesanal*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Minke, G. (2006). *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture* (2nd ed.). Birkhäuser.
- Moldes, A. B., et al. (2020). Effectiveness of hydrogen peroxide in reducing microbial contamination in lignocellulosic substrates. *Journal of Applied Microbiology*, 128(3), 843–852. <https://doi.org/10.1111/jam.14634>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (5th ed.). John Wiley & Sons.

- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and Analysis of Experiments* (10th ed.). Wiley.
- Morales Rabanal, K. (2025). *Influencia de la estopa de coco en la resistencia mecánica del adobe para viviendas rurales*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Norma Técnica E.080. (2006). *Diseño y construcción con tierra reforzada*. RNE Perú.
- NTP 399.604. (2019). *Determinación del contenido de humedad del suelo*. INACAL.
- NTP 399.613. (2018). *Determinación de los límites de Atterberg*. INACAL.
- NTP 399.616. (2018). *Método de ensayo para la determinación de la granulometría*. INACAL.
- Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation: Appropriate technology for mushroom growers*. Backhuys Publishers.
- Oliva Cabanillas, F. G. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Iglesia San José de la ciudad de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte.
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). Cement-based materials and environmental constraints. *Construction and Building Materials*, 25(12), 583–590.
- Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2011). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. *Construction and Building Materials*, 29, 512–519.
- Peralta Gonzales, R. (2025). *Comparación de la resistencia a compresión del adobe con adición de paja de ichu, paja de trigo y fibra de fique en diferentes dosificaciones*. Universidad Nacional de Cajamarca.

- PUCP. (2013). Ingenieros PUCP investigan cómo mejorar las construcciones de adobe ante inundaciones. PuntoEdu PUCP.
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21–33.
- Robeson, F. (2023). Desarrollo de un nuevo biomaterial compuesto basado en micelio de hongo filamentoso para impresión 3D. Universidad de Chile.
- Santulli, C. (2023). Mycelium-grown composites as innovative materials for architecture. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (166), 45–58.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). Metodología de la investigación (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Silva, A. (2024). Desarrollo de biomateriales con base en los desechos de madera en la ciudad de Ambato: Caso de estudio micelio de hongos. Universidad Técnica de Ambato.
- Terrones Fernández, L. F. (2024). Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe y tapial del centro poblado de Hualqui, distrito de Jesús, departamento de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Tucto Asencio, J. D. (2018). Evaluación del riesgo sísmico utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- UNEP. (2020). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction. United Nations Environment Programme.
- UNEP. (2020). Sustainability and circularity in construction materials. UNEP.

UNESCO. (2005). *Earthen architecture: Past, present and future.*

Variations in the Properties of Engineered Mycelium-Bound Composites under Different Manufacturing Conditions. (2022). *Buildings*, 14(1), 155.

Vettorelo, P. V., & Clariá, J. J. (2014). Suelos reforzados con fibras: Estado del arte y aplicaciones. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 57–66.

Vivienda. (2017). Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Ministerio de Vivienda.

Wardaya, Y. S., Mumpuni, A., & Ekowati, N. (2023). Utilization of *Pleurotus ostreatus* in the manufacture of mycelium-based biocomposite. *Journal of Biological Engineering and Research*, 5(2), 112–120.

Yopla Culqui, R. A. (2022). Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe en la zona urbana del distrito de Chetilla, aplicando los métodos del INDECI y Benedetti-Petrini. Universidad Privada del Norte.

Zhang, J. (2019). Mycelium growth and substrate interactions in agricultural waste composites. *Journal of Applied Microbiology*, 127(4), 1124–1133.

Zhang, J., et al. (2018). Mycelial growth and colonization of lignocellulosic substrates. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 8219–8230.  
<https://doi.org/10.1007/s00253-018-9271-8>