

EDUCACIÓN, CREATIVIDAD E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: NUEVOS HORIZONTES PARA EL APRENDIZAJE. ACTAS DEL VIII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE, INNOVACIÓN Y COOPERACIÓN, CINAIC 2025

María Luisa Sein-Echaluce Lacleta, Ángel Fidalgo Blanco y Francisco José García Peñalvo (coords.)

1ª Edición. Zaragoza, 2025

Edita: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.



Servicio de
Publicaciones
Universidad Zaragoza

EBOOK ISBN 978-84-10169-60-9

DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9



Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial (ccBY-NC). Ver descripción de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Referencia a esta obra:

Sein-Echaluce Lacleta, M.L., Fidalgo Blanco, A. & García-Peñalvo, F.J. (coords.) (2025). *Educación, Creatividad e Inteligencia Artificial: nuevos horizontes para el Aprendizaje. Actas del VIII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación. CINAIC 2025 (11-13 de Junio de 2025, Madrid, España)*. Zaragoza. Servicio de Publicaciones Universidad de Zaragoza. DOI 10.26754/uz.978-84-10169-60-9

Refuerzo de viviendas vulnerables de adobe: innovación educativa y transferencia de conocimiento mediante Aprendizaje-Servicio

Strengthening vulnerable adobe housing: educational innovation and knowledge transfer through Service-Learning

Alvaro Picazo Iranzo¹, Juan Carlos Mosquera Feijóo¹, Jaime Carlos Gálvez Ruiz¹, Fernando Suárez Guerra², Ana Patricia Pérez Fortes¹

a.picazo@upm.es, juancarlos.mosquera@upm.es, jaime.galvez@upm.es, fsuarez@ujaen.es, anapatricia.perez@upm.es

¹ETSI Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

²Departamento de Ing. Mecánica y Minera
Universidad de Jaén
Linares (Jaén), España

Resumen- Este documento resume los avances de un proyecto de aprendizaje-servicio sobre refuerzo sísmico de viviendas de mampostería de adobe realizado con alumnos de Ingeniería. El objetivo es conjugar aprendizajes con el fortalecimiento de la resiliencia estructural en regiones propensas a desastres naturales, promoviendo el acceso a construcciones más seguras. En la primera fase, se generó una alianza internacional de universidades para estudiar las patologías de construcciones de adobe y desarrollar metodologías innovadoras de refuerzo antisísmico. También se exploró el uso de Inteligencia Artificial (IA) para clasificar tipologías de daños por terremotos, aplicando tecnologías innovadoras en la educación a la transferencia del conocimiento. Actualmente se orienta el estudio a edificaciones de mampostería y tapial en zonas vulnerables de Iberoamérica. El producto tangible será un manual de refuerzo sísmico con soluciones accesibles y sostenibles, sirviendo como recurso educativo y herramienta práctica con recomendaciones constructivas para las comunidades beneficiarias.

Palabras clave: *aprendizaje servicio, mampostería de adobe, viviendas sostenibles, viviendas sismorresistentes, refuerzo antisísmico de viviendas de adobe.*

Abstract- This document summarizes the progress of a service-learning project on seismic retrofitting of adobe masonry housing, carried out with Engineering students. The initiative aims to integrate academic learning with strengthening structural resilience in regions prone to natural disasters, promoting access to safer construction. The initial phase involved the establishment of an international university alliance to study the pathologies of adobe structures and to develop novel seismic reinforcement methodologies. The project also explored the application of Artificial Intelligence (AI) to classify earthquake-induced damage typologies, bridging innovative technologies in education with knowledge transfer. The current focus is on masonry and rammed earth buildings in vulnerable areas of Ibero-America. The tangible outcome will be a seismic retrofitting manual featuring accessible and sustainable solutions, serving both as an educational resource and a practical tool with construction recommendations for the communities involved.

Keywords: *service learning, adobe masonry, sustainable housing, earthquake-resistant housing, earthquake-resistant reinforcement of adobe houses.*

1. INTRODUCCIÓN

Las viviendas unifamiliares que se autoconstruyen en regiones desfavorecidas de países en desarrollo suelen acusar prácticas constructivas deficientes, saneamiento inadecuado, y emplazamientos vulnerables a amenazas naturales, terremotos o inundaciones. Con vistas a paliar dichas carencias, las universidades pueden contribuir a mejorar el bienestar y la sostenibilidad de estas comunidades mediante soluciones habitacionales más seguras y saludables.

Este artículo presenta una iniciativa docente de Aprendizaje-Servicio (ApS) con el objetivo de abordar simultáneamente metas formativas y beneficio social mediante la elaboración de algunas recomendaciones constructivas para el refuerzo antisísmico de viviendas de mampostería construidas con materiales locales, adobe o tapial. Se trata de una experiencia en la que, a partir del estudio de casos, se combina un modelo de aula invertida para equipos de trabajo con uno de aprendizaje basado en retos: tras analizar los daños producidos por terremotos en dichas viviendas unifamiliares autoconstruidas de adobe, se identificaron sus causas y tipologías y se orientaron las acciones de enseñanza-aprendizaje hacia la propuesta de métodos de refuerzo de las construcciones existentes (Figura 1).



Figura 1: Vivienda de adobe habitual en regiones áridas.

Un fruto tangible de los aprendizajes revierte en el servicio, consistente en un manual de recomendaciones constructivas para el refuerzo de viviendas de adobe o tapial, destinado a las comunidades beneficiarias, que son a su vez los recipiendarios de la acción social de las entidades contraparte de la alianza.

Esta experiencia alinea los resultados de aprendizaje con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 8, 11 y 12. De este modo, los estudiantes descubren la relevancia práctica de sus aprendizajes, que anticipan su futuro profesional a la vez que representan desafíos sociales que se pueden afrontar desde la universidad, en línea con su “tercera misión” (García-Gutiérrez y Corrales-Gaitero, 2021).

Se trata de un proyecto a tres años, cuyo desarrollo pedagógico en cuanto a contenidos técnicos consta de una secuencia de 5 tareas, enumeradas en el epígrafe 2-D.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

A. Instituciones implicadas en la alianza

La fase inicial consistió en generar una alianza en 2023 entre equipos de las universidades UPM y UJAEN (España) con la Universidad Autónoma de Sinaloa (México), la Universidad de Brasilia (Brasil), Caritas Abancay (Perú) y la Universidad de Piura (Perú). Dichos equipos persiguen implantar en sus actividades docentes e investigadoras la búsqueda de soluciones económicas y asequibles para mejorar las condiciones de vida de las regiones olvidadas del progreso. El equipo de la UJAEN aporta a la alianza el apoyo técnico sobre la materia, dada su experiencia. Los equipos de las universidades latinoamericanas aportan información sobre las características constructivas y la problemática asociada a las construcciones de mampostería en las comunidades más humildes. Las instituciones latinoamericanas actúan como interlocutores, identificando y recabando las necesidades a afrontar en sus respectivas comunidades locales, destinatarias de los resultados de los resultados tangibles del proyecto.

B. Objetivos y destinatarios

El proyecto aspira a elaborar un conjunto de medidas de refuerzo de viviendas unifamiliares construidas en adobe, atenuando su vulnerabilidad sísmica. Consta de una finalidad académica y de un horizonte de servicio. Se trata de construcciones friables, cuya integridad es escasa o nula (Figura 2). Se pretende, entre otros aspectos, abordar la mejora de la unión de los muros perimetrales con la cubierta.



Figura 2: Vivienda típica de adobe con unión cubierta-cerramiento deficiente.

El proyecto abarca un desarrollo durante tres cursos académicos, fundado sobre estos objetivos secundarios:

- Mejorar el material didáctico para avanzar en la aplicación del modelo ApS, susceptible de ser compartido con otras asignaturas o titulaciones que aborden estos contenidos.
- Sensibilizar y contribuir a formar a dicho alumnado en las capacidades de ciudadanía, desarrollo sostenible y solidaridad desde el ámbito propio de sus competencias académicas, buscando un equilibrio entre los objetivos de aprendizaje y las necesidades comunitarias (Furco y Billig, 2002).
- Valorar el impacto de este modelo de ApS.
- Poner a disposición de las entidades contraparte y de las comunidades receptoras una base de conocimiento y algunos recursos metodológicos para ayudarlas a mejorar en sus métodos de construcción de viviendas de mampostería, para que sean más seguras y eficientes.
- Elaborar un producto tangible de valor: un manual de refuerzo sismorresistente de mampostería eficaz y asequible económicamente. Será accesible a la comunidad universitaria y a las entidades contraparte.
- Consolidar alianzas estables para ayudar a conseguir cambios en las comunidades receptoras.

C. Los materiales de las viviendas vulnerables analizadas

El adobe es un material utilizado desde antiguo en climas secos, compuesto de una mezcla de tierra arcillosa, agua y a menudo fibras vegetales como paja o herbáceas locales (por ejemplo, el ichu en Perú, una fibra vegetal muy abundante en las laderas andinas). Esta mezcla se moldea en forma de ladrillos o bloques y se deja secar al sol, sin cocción. La adición de fibras aumenta la resistencia a la compresión, flexión y tracción del adobe algo más de un 5%. En Perú, por ejemplo, la Norma E.080 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento da pautas para las construcciones de adobe.



Figura 3: Fibra vegetal denominada ichu (izquierda) y bloques de adobe con ichu tras el secado (derecha).

Los bloques de adobe suelen tener un tamaño mayor que los ladrillos estándar tradicionales y se emplean para levantar los muros de carga en edificaciones sencillas, como son las viviendas rurales, de bajo coste. Por ser cuasi-artesanales, son económicos y ecológicos, elaborados con materiales locales y sin uso de hornos. Tienen buena inercia térmica, pero son vulnerables al agua y a los sismos, salvo que se refuercen o protejan adecuadamente.

El tapial (también conocido como tierra apisonada, *rammed earth* en inglés) es una técnica tradicional de construcción que se ha empleado desde hace siglos en regiones con climas secos, especialmente en zonas rurales de España, Marruecos, Ibero-América o China. Consiste en verter tierra húmeda en capas que se van compactando dentro de un encofrado para formar muros resistentes. Suele estar compuesto de material arcilloso, a veces mezclado con grava, cal o paja para mejorar sus propiedades. Estas construcciones de bajo coste se caracterizan por ser sostenibles, tener buen aislamiento térmico, y cierta fiabilidad ante incendios. Por el contrario, presentan vulnerabilidad a la humedad —si no está bien protegida— y baja resistencia sísmica, la cual plantea la necesidad de un refuerzo adecuado.

D. El desarrollo de la acción pedagógica

La acción pedagógica aquí descrita se desarrolló en asignaturas de dos escuelas de la UPM. Al mismo tiempo, los profesores de las universidades contraparte actúan a modo de expertos y orientadores.

La secuencia de tareas fue la siguiente:

- 1) Recopilación de casos y ejemplos de daños en viviendas de adobe producidos por sismos. Estudio de modos de fallo, sus mecanismos y sus causas.
- 2) Recopilación de métodos actuales de refuerzo de construcciones de adobe mediante fibras vegetales en las diversas regiones del planeta.
- 3) Modelación numérica del comportamiento de las estructuras de viviendas de adobe con y sin refuerzo.
- 4) Análisis comparativo de los efectos de las posibles mejoras con refuerzo vegetal de las viviendas.
- 5) Propuestas de refuerzo. Recomendaciones constructivas.

Cada año, desde el curso 2023-2024 los alumnos desarrollan su trabajo en equipo durante un recorrido de seis semanas en las asignaturas *Análisis dinámico y sísmico de estructuras* (actividad obligatoria dentro de una asignatura optativa cuatrimestral en la ETSI Caminos, Canales y Puertos) y *Proyectos Técnicos*, (actividad opcional en asignatura obligatoria de la Escuela de Ingeniería de la Edificación) de la UPM. Cada equipo se centra en identificar y aprender un método de refuerzo a partir de desastres causados por terremotos en este tipo de viviendas.

En las asignaturas citadas se les ayuda a despertar la motivación y la implicación conductual, sub-dimensiones de la implicación estudiantil que deben reflejar cambios observables en su conducta y esfuerzo durante sus procesos de aprendizaje (Yu y Prince, 2022). En efecto, diversos estudios indican cierto consenso en la existencia de tres pilares de la implicación del discente: académica, intelectual y socioemocional (Bowden et al., 2021).

Los alumnos de la UPM trabajan en grupo sobre los aspectos técnicos didácticos implicados en el proyecto. El trabajo en grupo pesa un 40% en la evaluación de los aprendizajes, mientras que los exámenes pesan el restante 60%.

En paralelo, se ha establecido y configurado un repositorio en Google Drive que contiene documentación diversa sobre construcción en mampostería (adobe, bloques de cemento, ladrillo): artículos, tesis, manuales, normas y estudios.

Los hitos anuales responden al siguiente esquema:

Año 1: establecimiento de la alianza. Aplicación real del esquema de ApS en el desarrollo didáctico de asignaturas de la UPM. Avances pedagógicos y técnicos en las tareas 1 y 2. Inicio del repositorio. Envío de alumnos a alguna comunidad beneficiaria para escuchar, aprender, empatizar y conocer las necesidades y oportunidades. Revisión, reflexión y evaluación.

Año 2: Fortalecimiento de la alianza, corrección de deficiencias. Extensión y refinamiento del esquema de ApS. Conclusión de las tareas 1, 2 y 3. Envío de alumnos a alguna otra comunidad destinataria. Constitución de un repositorio público con documentos divulgativos, científicos y técnicos sobre construcción y refuerzo de estructuras de viviendas de mampostería. Revisión, reflexión y evaluación.

Año 3: Consolidación y ampliación de la alianza. Aplicación del método didáctico en otras asignaturas. Reestructuración, mejora y publicación en abierto del repositorio. Conclusión de las tareas 1 a 5. Terminación del manual de refuerzo. Revisión, reflexión y evaluación: sugerencias a futuro.

E. La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la evaluación de daños producidos por terremotos

Actualmente se utilizan tecnologías avanzadas tales como la visión artificial, la realidad aumentada o las redes neuronales para ayudar a evaluar los daños post-terremoto, mediante análisis precisos y visuales de los daños (Liu et al., 2023). También se destacan iniciativas que emplean imágenes satelitales e inteligencia artificial para evaluar rápidamente los daños y gestionar recursos en desastres (Demistifying AI, 2023). Aunque efectivos, estos enfoques requieren equipos especializados y alta capacidad computacional. Sin duda, la IA ha venido para quedarse; entre otras prestaciones, para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones en la asignación de recursos en escenarios de desastres.

3. REALIZACIONES Y RESULTADOS

Se destaca que se celebraron reuniones online entre los equipos de las universidades intervinientes con una frecuencia de 3 o 4 semanas a lo largo del primer curso académico, desde diciembre de 2023 a julio de 2024. En ellas afloró la necesidad de intensificar la colaboración para ganar en eficacia en los siguientes cursos. Así, para el próximo curso se aspira a implantar el modelo ApS, al menos gradualmente en asignaturas de Master y en TFT (Trabajo Fin de Titulación) en las universidades contraparte.

Es un objetivo de la siguiente etapa mejorar su clasificación y diseñar una herramienta de búsqueda, con ayuda de la IA.

Como fruto del trabajo en equipo de un grupo de estudiantes de Master, se menciona la elaboración de una aplicación móvil que permite a los usuarios capturar en tiempo real imágenes de las edificaciones afectadas, analizarlas y determinar el tipo y la severidad de los daños. Necesita únicamente un dispositivo móvil con cámara y acceso a Internet y aporta información relevante en los primeros instantes tras un evento sísmico. Se incorporaron más de 9000 fotografías de daños por terremoto en estructuras de mampostería (extraídas del Instituto de Investigación en Ingeniería Sísmica) a un sistema de aprendizaje automático (red neuronal convolucional a partir de una red preentrenada RESNET-50) (Arroyo et al., 2024).

Como resultado tangible, se elaborará en 2026 un manual ilustrado dirigido a la comunidad destinataria con recomendaciones claras y accesibles para refuerzo antisísmico de viviendas de mampostería: mejoras en cimentaciones, los muros de carga y las uniones con la cubierta. Dichas propuestas de mejora, adaptadas de fuentes técnicas más complejas, serán seleccionadas por su viabilidad y adecuación local.

A. La evaluación de resultados

El impacto de esta experiencia sobre los aprendizajes se ha evaluado según lo que, de forma resumida, ilustra la Tabla 1.

Tabla 1: Aspectos de la evaluación de los aprendizajes.

Qué	Los aprendizajes y los documentos (informes y presentaciones) aportados por los grupos
Quién	Los profesores de la alianza Los alumnos (en encuestas y entrevistas)
Cuándo	Al final de cada fase de los trabajos grupales
Cómo	Rúbricas sobre contenido, alcance y puesta en escena de las presentaciones. Exámenes Encuestas y entrevistas
Indicadores de impacto	Informes de las entidades contraparte, documentos de los trabajos grupales. Informes de progreso al final de cada etapa Grados de satisfacción del alumnado y de la entidad contraparte.

En cuanto al desarrollo de competencias transversales, los alumnos adquirieron habilidades en comunicación científica y en trabajo colaborativo, mientras que se mejoraron las capacidades de investigación, análisis de datos, asunción de roles en el equipo y sensibilidad solidaria.

4. CONCLUSIONES

La experiencia está fomentando la empatía y el aprendizaje práctico y tecnológico a través del trabajo en equipo orientado a retos (Lemons et al., 2011). En cuanto al valor social del aprendizaje, los estudiantes comprendieron que la universidad debe trascender lo académico, implicándose en proyectos concretos que benefician a las comunidades. También descubrieron que el conocimiento es una herramienta clave para reducir desigualdades y vulnerabilidades. Esta iniciativa ha sensibilizado y formado al alumnado de último curso de Master en ciudadanía, sostenibilidad y solidaridad, alineando sus competencias académicas con las necesidades reales de las comunidades (Furco y Billig, 2002).

Esta experiencia es transferible a otras disciplinas de las ciencias de la construcción, así como a las universidades contraparte que forman la alianza, tanto por el impacto social como por el beneficio sobre las competencias de ciudadanía y cooperación que impulsa en el alumnado.

Se espera que el manual de refuerzo tenga el potencial de reducir significativamente los daños estructurales en

construcciones autoconstruidas con materiales locales, utilizados por alrededor del 20% de la población mundial.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) su apoyo a través del Programa de Aprendizaje Servicio. Además, los autores agradecen el apoyo financiero proporcionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España a través del Proyecto del Fondo de Investigación PID2023-149321OB-C31.

REFERENCIAS

Anagnostopoulos, S. A., Moretti, M., Panoutsopoulou, M., Panagiotopoulou, D., & Thoma, T. (2004). *Post-earthquake damage and usability assessment of buildings: further development and applications. Final report*. European Commission - D.G. Environment

Arroyo Domínguez, L. et al. (4 de julio de 2024): *QuakeScan: Identificador de Patologías Edificatorias Sísmicas*. Medium. <https://medium.com/saturdays-ai/quakescan-identificador-de-patolog%C3%ADas-edificatorias-s%C3%ADsmicas-7cd15c24ce3b>

Bowden, J. L. H., Tickle, L., & Naumann, K. (2021). The four pillars of tertiary student engagement and success: a holistic measurement approach. *Studies in Higher Education*, 46(6), 1207-1224.

Demystifying AI (19 de agosto de 2023). *AI's Role in Post-Earthquake Recovery and Rehabilitation, Discussion, Knowledge Base, Reviews*. <https://curam-ai.com.au/ai-role-in-post-earthquake-recovery-and-rehabilitation/>.

Furco, A., & Billig, S. H. (Eds.). (2002). *Service learning: The essence of the pedagogy*. IAP, Greenwich, CT: Information Age. <https://eric.ed.gov/?id=ED462631>

García-Gutiérrez, J., & Corrales Gaitero, C. (2021). Las políticas supranacionales de educación superior ante la «tercera misión» de la Universidad: el caso del aprendizaje-servicio. *Spanish Journal of Comparative Education/Revista Española de Educación Comparada*, 2020(37).

Lemons, G., Carberry, A., Swan, C., & Jarvin, L. (2011). The effects of service-based learning on metacognitive strategies during an engineering design task. *International Journal for Service Learning in Engineering, Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship*, 6(2), 1-18.

Liu, Z., Xue, J., Wang, N., Bai, W., & Mo, Y. (2023). Intelligent Damage Assessment for Post-Earthquake Buildings Using Computer Vision and Augmented Reality. *Sustainability*, 15(6), 5591. <https://doi.org/10.3390/su15065591>

Yu, C., & Prince, D. L. (2022). Active Learning and Student Engagement: Issues, Challenges, and Strategies for Online Teaching. In *Handbook of Research on Active Learning and Student Engagement in Higher Education* (pp. 84-112). IGI Global Scientific Publishing.