

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Monitoreo del comportamiento mecánico de un módulo de vivienda
con bloque de tierra comprimida (BTC) en Chullunquiani-Juliaca**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Fabrizio Marín Quispe Quispe

Jose Brayan Caira Sumi

Asesor:

Mg. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, agosto de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Herson Duberly Pari Cusi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“MONITOREO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MÓDULO DE VIVIENDA CON BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC) EN CHULLUNQUIANI - JULIACA”** de los autores Fabrizio Marín Quispe Quispe y Jose Brayan Caira Sumi tiene un índice de similitud de 6 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 10 días del mes de agosto del año 2026.



Mg. Herson Duberly Pari Cusi
Asesor de Tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 07 día(s) del mes de agosto del año 2026, las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro Leonel Chahuaros Paucar el (la) secretario(a): Msc. Ector Mamani Chambi
y los demás miembros: Dr. Edwin Parillo Escarsena
y el (la) asesor(a) Mg. Heron Dukerly Pari Qui

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Monitoreo del comportamiento mecánico de un módulo de vivienda con bloque de tierra comprimida (BTC) en Chullunquiani - Juliaca

del(los) bachiller/es: a) Fabrizio Marín Quispe Quispe
b) Jose Brayán Caira Sumi
c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Fabrizio Marín Quispe Quispe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A -</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): Jose Brayán Caira Sumi

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A -</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a
[Firma]
Asesor/a
[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretaria
[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (c)

ÍNDICE DE CONTENIDO

Abstract	5
Resumen	6
Keywords	6
Abbreviation:	6
1. Introduction.....	7
2. Materials and methods.....	8
2.1. Soil analysis	8
3. Experimental results and analysis.....	13
3.1. Soil analysis	13
3.2. Mechanical properties	15
3.3. Development of the housing module with CEB	15
3.4. Monitoring the structural behavior of the housing module with CEB.....	17
4. Conclusions and comments	21
Author contributions	21
Funding	22
Acknowledgments.....	22
Conflicts of interest.....	22
References.....	22
Anexos	24
a) Evidencia de sumisión del artículo a la revisión.....	24
b) Copia de resolución de inscripción de perfil de proyecto de tesis	25
c) Copia de 04 principales certificados de laboratorio.....	28
d) Registro fotográfico de actividades de investigación	32

Monitoring of the mechanical behavior of a housing module with Compressed Earth Block (CEB) in Chullunquiani–Juliaca

Fabrizio M. Quispe Q. ¹, Jose B. Caira S. ², *, Herson D. Pari C. ³

¹ Faculty of Engineering and Architecture, Universidad Peruana Unión, Juliaca (Perú); fabrizio.quispe@upeu.edu.pe

² Faculty of Engineering and Architecture, Universidad Peruana Unión, Juliaca (Perú); jose.caira@upeu.edu.pe

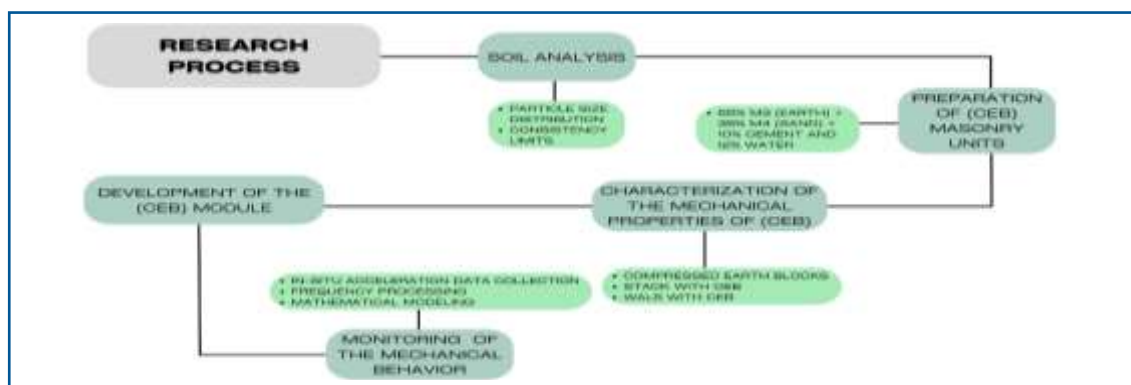
³ Faculty of Engineering and Architecture, Universidad Peruana Unión, Juliaca (Perú); hparic@upeu.edu.pe

*Correspondence: fabrizio.quispe@upeu.edu.pe

Received:; Accepted:; Published:

Citation: Quispe, Q. F. M., Caira, S. J. B., and Pari, C. H. D. (2026). Monitoring of the mechanical behavior of a housing module with Compressed Earth Block (CEB) in Chullunquiani – Juliaca. *Journal of Construction*, 25(1). <https://doi.org/10.7764/RDLC>.

Graphical Abstract:



Highlights:

- Soil analysis for BTC manufacturing based on Spanish standard UNE 41410.
- Verification of BTC mechanical properties based on Peruvian standard E-080.
- Construction of a housing module using traditional methods.
- Evaluation of the mechanical behavior of the BTC housing module using in-situ measurements with accelerometers and calibration of a mathematical model using ETABS.

Abstract: In Chullunquiani-Juliaca, located in the Puno region of Peru, one of the most traditional and widely used building materials is adobe, a low-cost material made from earth. However, adobe is vulnerable to environmental factors such as earthquakes due to its deficiencies in mechanical properties, to the point of collapse. Because of this problem, compressed earth blocks (CEB) are being used as a substitute for adobe. Consequently, it is necessary to describe the physical and mechanical characteristics of this material to construct a housing module using CEB and monitor its behavior. The objective is to monitor the mechanical behavior of a CEB housing module in Chullunquiani-Juliaca. The methodology used is a non-experimental, descriptive-confirmatory design with a quantitative approach and a cross-sectional level. Analyzing three soil samples from Chullunquiani-Juliaca (M1, M2, and M3), compliance with UNE 41410 standards and verification of mechanical properties using RNE E-080 were assessed to develop and monitor the mechanical behavior of the modulus. None of the evaluated soil samples met the standard; therefore, sample M3 was used due to its proximity to the "Soil Texture Diagram" range of UNE 41410. To achieve compliance, it was combined with sand (M4), resulting in a mixture of 65% M3 and 35% M4, classifying it as clayey

sand (SC) according to the Unified Soil Classification System (USCS). This material exhibits a liquid limit of 25.80% and a plasticity index of 8.05%, thus complying with the parameters established by UNE 41410. Compression tests were performed on the mechanical properties of the BTC, yielding average results of 83.73 kgf/cm² in axial compression for masonry units, 0.51 kgf/cm² for small masonry walls, and 8.59 kgf/cm² for masonry prisms. Using accelerometers in the module and applying the Fourier transform with the SeismoSignal software, a dominant natural vibration frequency of 8.6 Hz was obtained, meeting the parameters of UNE 41410 to produce BTC and also exceeding the minimum values of RNE E-080 for the mechanical properties of masonry units, masonry prisms, and small masonry walls. The real natural frequency of vibrations was obtained and calibrated to the mathematical model, obtaining a modulus of elasticity of 2173 kgf/cm², reaching satisfactory values for static and dynamic drifts less than 0.005, maximum displacements of 0.3259 cm, stiffness of 14799.89 kgf/cm-16920.9 kgf/cm and finally the maximum stress in the modulus was 0.00116 kgf/cm², which indicates that the modulus will not exceed the maximum allowable stress of 0.25 kgf/cm², ensuring the integrity of the modulus.

Resumen: más tradicionales y usados es el adobe, material hecho de tierra y bajo costo; sin embargo, estos son vulnerables frente a factores ambientales como los sismos debido a sus deficiencias en sus propiedades mecánicas, hasta el punto de llegar al colapso. A causa de esta problemática surge el uso del BTC como sustituto al adobe, en consecuencia, se necesitará describir las características físicas y mecánicas de dicho material para luego construir un módulo de vivienda con BTC monitoreando así su comportamiento; teniendo como objetivo monitorear el comportamiento mecánico de un módulo de vivienda con BTC en Chullunquiani-Juliaca. La metodología utilizada es de diseño no experimental, de tipo descriptivo-confirmatorio, de enfoque cuantitativo y de nivel transversal. Al analizar 03 muestras de suelo ubicadas en Chullunquiani-Juliaca (M1, M2 y M3), se analizó el cumplimiento con la normativa UNE 41410 y la verificación de las propiedades mecánicas con el RNE E-080, para así elaborar y monitorear el comportamiento mecánico del módulo. De los resultados evaluados, ninguna muestra de suelo cumplió, es por ello que se usó la muestra M3, debido a su aproximación al “Huso del diagrama de texturas de tierra” UNE 41410. Para el cumplimiento, se necesitó combinarlo con arena (M4), obteniendo una combinación del 65% M3 y 35% M4; clasificándolo como arena arcillosa (SC) según SUCS. Esta presenta un límite líquido de 25.80% y un índice de plasticidad de 8.05%, cumpliendo así con los parámetros establecidos por la UNE 41410. Para las propiedades mecánicas del BTC se realizaron ensayos a compresión, dando resultados promediados de 83.73 kgf/cm² en compresión axial para unidades, 0.51 kgf/cm² en muretes y 8.59 kgf/cm² en pilas. Mediante el uso de acelerómetros en el módulo y aplicando la transformada de Fourier con el software SeismoSignal, se pudo conseguir la frecuencia natural de vibraciones dominante de 8.6 Hz, cumpliendo con los parámetros de la UNE 41410 para la elaboración de BTC y, de igual forma con las propiedades mecánicas en unidades, pilas y muretes, superando con los valores mínimos de RNE E-080. Se obtuvo la frecuencia natural de vibraciones real y calibrado al modelo matemático, obteniendo un módulo de elasticidad de 2173 kgf/cm², alcanzando valores satisfactorios para las derivas estáticas y dinámicas menores a 0.005, desplazamientos máximo de 0.3259 cm, rigidez de 14799.89 kgf/cm², 16920.9 kgf/cm² y finalmente el esfuerzo máximo en el módulo fue de 0.00116 kgf/cm², lo que indica que el módulo no llegará a sobrepasar el esfuerzo admisible máximo de 0.25 kgf/cm², asegurando la integridad del módulo.

Keywords: Compressed earth blocks (CEB), mechanical characteristics, mechanical behavior, natural vibration and monitoring.

Abbreviation: