

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



**Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora
y mucílago de nopal en zonas altoandinas**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Rocio Milagros Mamani Mamani

Jhon Mateus Quispe Quispe

Asesor:

Mg. Herson Duberly Pari Cusi

Juliaca, agosto de 2026

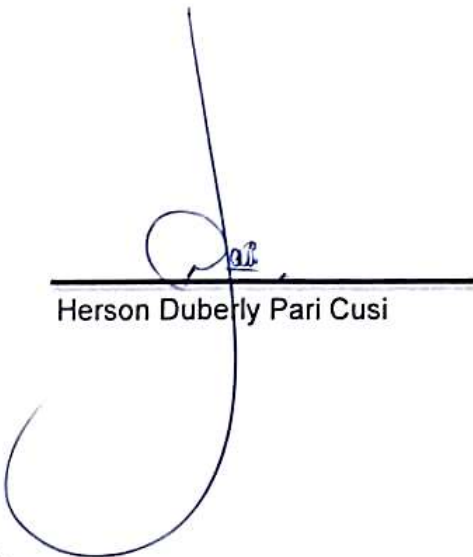
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

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: **"EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE ADOBE REFORZADO CON FIBRAS DE TOTORA Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN ZONAS ALTOANDINAS"** de los autores (Rocio Milagros Mamani Mamani, Jhon Mateus Quispe Quispe) tiene un índice de similitud de 14 % 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 9 días del mes de setiembre del año 2026.



Herson Duberly Pari Cusi

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 31 día(s) del mes de agosto del año 2021, siendo las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro. Leonel Chahuans Pauar, el (la) secretario(a): Msc. Ecler Mamani Chambi y los demás miembros: Mty. Arnaldo Colui Galaza y el (la) asesor(a): Mty. Lesson Duberly Pori Luni

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y micélagos de nopal en zonas altoandinas

del(los) bachiller/es: a) Rocio Milagros Mamani Mamani

b) Jhon Mateus Quispe Quispe

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil

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): Rocio Milagros Mamani Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Jhon Mateus Quispe Quispe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</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]
Secretario/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Bachiller (c)

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por otorgarme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar este logro. A mis padres y familiares, por su amor incondicional, sus sacrificios y su constante motivación para alcanzar mis metas profesionales. Su ejemplo de perseverancia ha sido y seguirá siendo la luz de mi camino.

Rocio Milagros Mamani Mamani

Dedico la presente investigación a Dios, por guiar cada uno de mis pasos y ser el pilar de mi vida. A mis padres y hermanos, por su apoyo moral, económico e incondicional a lo largo de mi formación académica. A cada una de las personas que creyeron en mi potencial y me impulsaron a no rendirme.

Jhon Mateus Quispe Quispe

Agradecimiento

En primer lugar, expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios, por guiarnos, darnos salud, sabiduría y fortaleza durante todo el proceso académico y de investigación.

A la Universidad Peruana Unión, nuestra casa de estudios, por habernos abierto las puertas y habernos brindado la formación académica, ética y humana necesaria para ejercer con responsabilidad nuestra profesión.

A nuestro asesor de tesis, Mg. Herson Duberly Pari Cusi, por su guía constante, sus valiosos consejos, su paciencia y por transmitirnos los conocimientos técnicos indispensables para llevar a cabo esta investigación con rigor científico.

A los estimados miembros del jurado evaluador, por su valioso tiempo, rigurosidad académica, valiosos aportes y oportunas observaciones. Cada una de sus sugerencias permitió enriquecer, perfeccionar y elevar sustancialmente la calidad de este trabajo.

Finalmente, expresamos nuestra sincera gratitud a nuestros compañeros de carrera y amigos, con quienes compartimos extensas jornadas de trabajo, noches de desvelo, debates técnicos y metas alcanzadas. A ellos, por su fraternidad, motivación constante y por hacer de este proceso universitario un camino lleno de aprendizajes y recuerdos imperecederos

Índice

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
1. INTRODUCCIÓN	8
2. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS	8
2.1. Materiales utilizados.....	8
2.2. Técnicas de recolección de datos.....	9
2.3. Diseño Experimental	10
2.4. Elaboración de muestras.....	12
3. PRUEBAS Y MÉTODOS.....	12
3.1. Ensayos experimentales.....	12
3.2. Diseño de Investigación	13
3.3. Análisis Estadístico	13
4. RESULTADOS.....	13
4.1. Pesos	13
4.2. Ensayo de Absorción.....	14
4.3. Ensayo de Succión.....	15
4.4. Resistencia a la compresión de cubos.....	17
4.5. Resistencia a la flexión.....	18
4.6. Ensayo de Erosión.....	19
4.7. Resistencia a la compresión de Pilas	20
4.8. Resistencia a la compresión de Muretes	20
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
Ensayo de Absorción.....	21
Ensayo de Succión	22
Resistencia a compresión de bloques de adobes.....	23
Ensayo de resistencia a la Flexión.....	24
Ensayo de Erosión.....	25
Ensayo de Pilas	27
Ensayo de Muretes	28
5. DISCUSION	29
6. CONCLUSIONES	30
7. REFERENCIAS.....	31
8. ANEXOS	33

Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y mucílago de nopal en zonas altoandinas

Structural evaluation of adobe reinforced with totora fibers and nopal mucilage in high-Andean zones

● J. Quispe^a✉, ● R. Mamani^a

a. Universidad Peruana Unión

b. Escuela Profesional de Ingeniería y Arquitectura

✉: rociom28122000@gmail.com

✉: jhonmateusq@gmail.com

RESUMEN: Esta investigación evaluó el efecto de la incorporación conjunta de fibra de totora (*Schoenoplectus americanus*) y mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la mejora físico-mecánica de bloques de adobe fabricados con suelo CL de Ácora, Puno, para mitigar la baja resistencia y alta susceptibilidad hídrica del adobe convencional en viviendas altoandinas. Mediante un diseño experimental factorial soportado en parámetros Proctor Estándar (MDD = 2.002 g/cm³; OMC = 10.70%), se determinó como dosificación óptima 5% de totora y 16% de mucílago. En unidades sueltas, el compuesto optimizado elevó la resistencia a la compresión de cubos de 9.21 a 12.28 kg/cm² —superando los 10.2 kg/cm² exigidos por la Norma Técnica E.080 e incrementó la flexión en 83.03% (de 4.62 frente a 8.45). A escala estructural, la mezcla aumentó la resistencia a compresión en pilas en 39.25% (9.26 kg/cm²) y al corte diagonal en muretes en 40.7% (0.46 kg/cm²). En el comportamiento hídrico, la absorción disminuyó 29.6%, la succión capilar se redujo 30.5% y la profundidad de erosión por aspersión descendió de 11.45 mm a 8.29 mm bajo una presión de 0.02211 MPa, logrando la condición de "Apto" (menor o igual a 10 mm) con un decremento de masa marginal de apenas 2.21%. Los análisis de varianza, Tukey, t de Student, Shapiro-Wilk y Bartlett confirmaron la significancia estadística ($p < 0.05$). Se concluye que la interacción lignocelulósica-biopolímero confiere una integridad estructural superior y durabilidad hídrica idónea para viviendas sostenibles en el Altiplano.

PALABRAS CLAVE: Adobe, Fibra de totora, Mucílago de nopal, Compresión diagonal, Ensayo Proctor, Erosión por aspersión.

ABSTRACT: This research evaluated the effect of the joint incorporation of totora fiber (*Schoenoplectus americanus*) and nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*) on the physical-mechanical improvement of adobe blocks manufactured with CL soil from Ácora, Puno, in order to mitigate the low strength and high-water susceptibility of conventional adobe in High-Andean housing. Through a factorial experimental design supported by standard Proctor parameters (MDD = 2.002 g/cm³; OMC = 10.70%), a 5% totora and 16% mucilage was determined as the optimum dosage. In individual units, the optimized compound increased the compressive strength of cubes from 9.21 to 12.28 kg/cm² —surpassing the 10.2 kg/cm² required by the E.080 Technical Standard— and increased flexion by 83.03% (from 4.62 to 8.45 kg/cm²). On a structural scale, the mixture increased the compressive strength in prisms by 39.25% (9.26 kg/cm²) and diagonal shear in wallets by 40.7% (0.46 kg/cm²). Regarding hydric behavior, water absorption decreased by 29.6%, capillary suction was reduced by 30.5%, and the spray erosion depth dropped from 11.45 mm to 8.29 mm under a constant hydraulic pressure of 0.02211 MPa, achieving the "Suitable" condition (less than or equal to 10 mm) with a marginal mass decrease of just 2.21%. Analysis of variance, Tukey, Student's t, Shapiro-Wilk, and Bartlett tests confirmed statistical significance ($p < 0.05$). It is concluded that the lignocellulosic-biopolymer interaction confers superior structural integrity and ideal hydric durability for sustainable housing in the Altiplano.

KEY WORDS: Adobe, Totora fiber, Nopal mucilage, Diagonal compression, Proctor test, Spray erosion.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción con adobe representa una alternativa habitacional en las zonas altoandinas del Perú, debido a la disponibilidad de materiales locales, bajo costo y adecuadas propiedades térmicas. Sin embargo, este material presenta limitaciones estructurales frente a cargas sísmicas, lo que incrementa la vulnerabilidad de las viviendas rurales y representa un riesgo para la seguridad de la población.

En este contexto, estudios recientes han demostrado que el uso de fibras naturales como refuerzo del adobe, evidencia mejoras en su comportamiento mecánico. Se han reportado incrementos significativos en la resistencia a la compresión y flexión mediante el uso combinado de estabilizantes y fibras vegetales [1], así como mejoras cercanas al 50% en resistencia mecánica al incorporar fibras naturales en matrices de suelo [2]. Asimismo, la incorporación de fibras en materiales de tierra ha demostrado reducir la formación de grietas y mejorar la estabilidad estructural [3]. De manera complementaria, estudios han evidenciado que las fibras lignocelulósicas incrementan la resistencia a la tracción y mejoran la ductilidad del material, favoreciendo su desempeño bajo esfuerzos estructurales [4].

No obstante, estos avances presentan limitaciones relevantes. Se ha observado que la incorporación de fibras puede incrementar la absorción de agua y afectar la durabilidad del adobe [5], mientras que proporciones elevadas de refuerzo pueden reducir la resistencia mecánica del material [6]. Estas evidencias indican la necesidad de optimizar la proporción y tipo de refuerzo para lograr un equilibrio entre resistencia y durabilidad.

Por otro lado, el uso de estabilizantes naturales como el mucílago de nopal ha demostrado mejorar la cohesión interna del adobe y reducir la formación de fisuras [7]. Sin embargo, estudios a largo plazo señalan que este biopolímero puede degradarse en presencia de humedad, disminuyendo la resistencia estructural si no se combina con otros materiales estabilizantes [8].

En relación con los materiales disponibles en zonas altoandinas, la totora destaca como un recurso natural con propiedades favorables para la construcción. Investigaciones realizadas en la región de Puno evidencian su baja conductividad térmica y su capacidad para mejorar el aislamiento en viviendas rurales [9]. Asimismo, se ha demostrado que su incorporación como fibra de refuerzo puede contribuir a mejorar la resistencia mecánica del adobe cuando se emplea en proporciones adecuadas [10].

A pesar de estos avances, existe limitada evidencia científica sobre el efecto combinado de fibras de totora y mucílago de nopal en el comportamiento físico-mecánico del adobe, especialmente bajo condiciones propias de zonas altoandinas, donde la variabilidad térmica y la humedad influyen directamente en su desempeño estructural. Esta brecha de conocimiento limita la aplicación técnica de estos materiales en soluciones constructivas seguras y sostenibles.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la influencia de la incorporación de fibras de totora y mucílago de nopal en las propiedades mecánicas y físicas del adobe. Específicamente, se analizan la resistencia a la compresión, flexión, erosión, la absorción de agua y la succión, con el fin de determinar una combinación óptima que permita mejorar el desempeño estructural del material y contribuir al desarrollo de alternativas constructivas sostenibles en zonas altoandinas con riesgo sísmico.

2. MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS

2.1. Materiales utilizados

Las muestras fueron elaboradas con suelo procedente del distrito de Acora (Puno, Perú), ubicado a una altitud aproximada de 3867 m s.n.m., caracterizado por condiciones climáticas propias de zonas altoandinas.

Los materiales utilizados fueron:

- Suelo arcilloso (Figura 2a) seleccionado de la zona de estudio. Se realizaron ensayos de caracterización física incluyendo granulometría y límites de Atterberg según la norma NTP 339.129. Según la clasificación SUCS es un suelo CL (Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media), con 0.16% de gravas, 44.27% de arenas y 55.57% de finos (limos y arcillas), Contenido de humedad de 8.12%, Límite líquido 20.71%, Límite plástico: 13.11%, IP=7.61%.

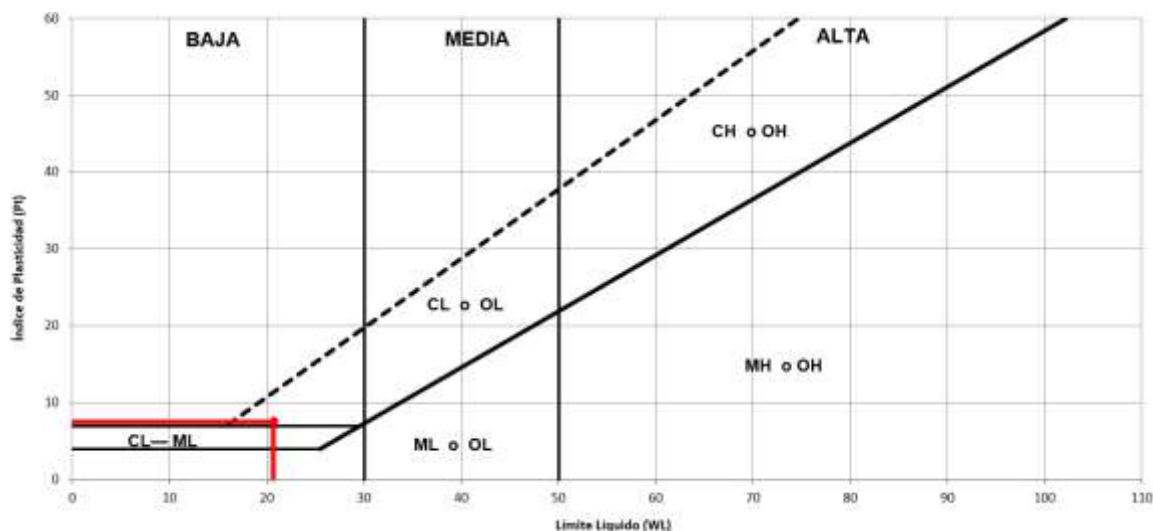


FIGURA 1. Ábaco de Casagrande, clasificación de suelo (CL).

- Fibras de Totora (*Schoenoplectus americanus*) (Figura 2b): Recolectadas y secadas, con dimensiones de 1-3 cm de longitud y 3 mm de diámetro.
- Mucílago de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) (Figura 2c): El proceso de obtención del mucílago de nopal se realizó cortando las pencas en trozos de 4 cm, los cuales fueron colocados en un recipiente sellado herméticamente con una dosificación controlada de 10 kg de material vegetal en un balde de 20 litros de agua. Este confinamiento impidió la exposición directa al entorno exterior y redujo la proliferación bacteriana que podría haber degradado las cadenas del biopolímero. Asimismo, el periodo de inmersión se extendió a 14 días para compensar el efecto de las bajas temperaturas características de la zona altoandina de Acora; este ambiente frío ralentiza la cinética de transferencia de masa al aumentar la viscosidad del agua y disminuir la energía cinética molecular, exigiendo un lapso prolongado para lograr la lixiviación, saturación y concentración óptima del aditivo cementante de manera puramente pasiva.



a)



b)



c)

FIGURA 2. Materiales, a) Suelo arcilloso, b) Totora con medidas de 1 – 3 cm, c) Mucílago de Nopal

2.2. Técnicas de recolección de datos

Se emplearon las siguientes técnicas:

- Observación directa en campo para identificar prácticas constructivas tradicionales
- Ensayos de laboratorio para obtener datos cuantitativos
- Registro sistemático mediante fichas de control experimental

Los instrumentos utilizados incluyeron fichas de registro, guías de observación y formatos de control de ensayos, garantizando la trazabilidad de los datos obtenidos.

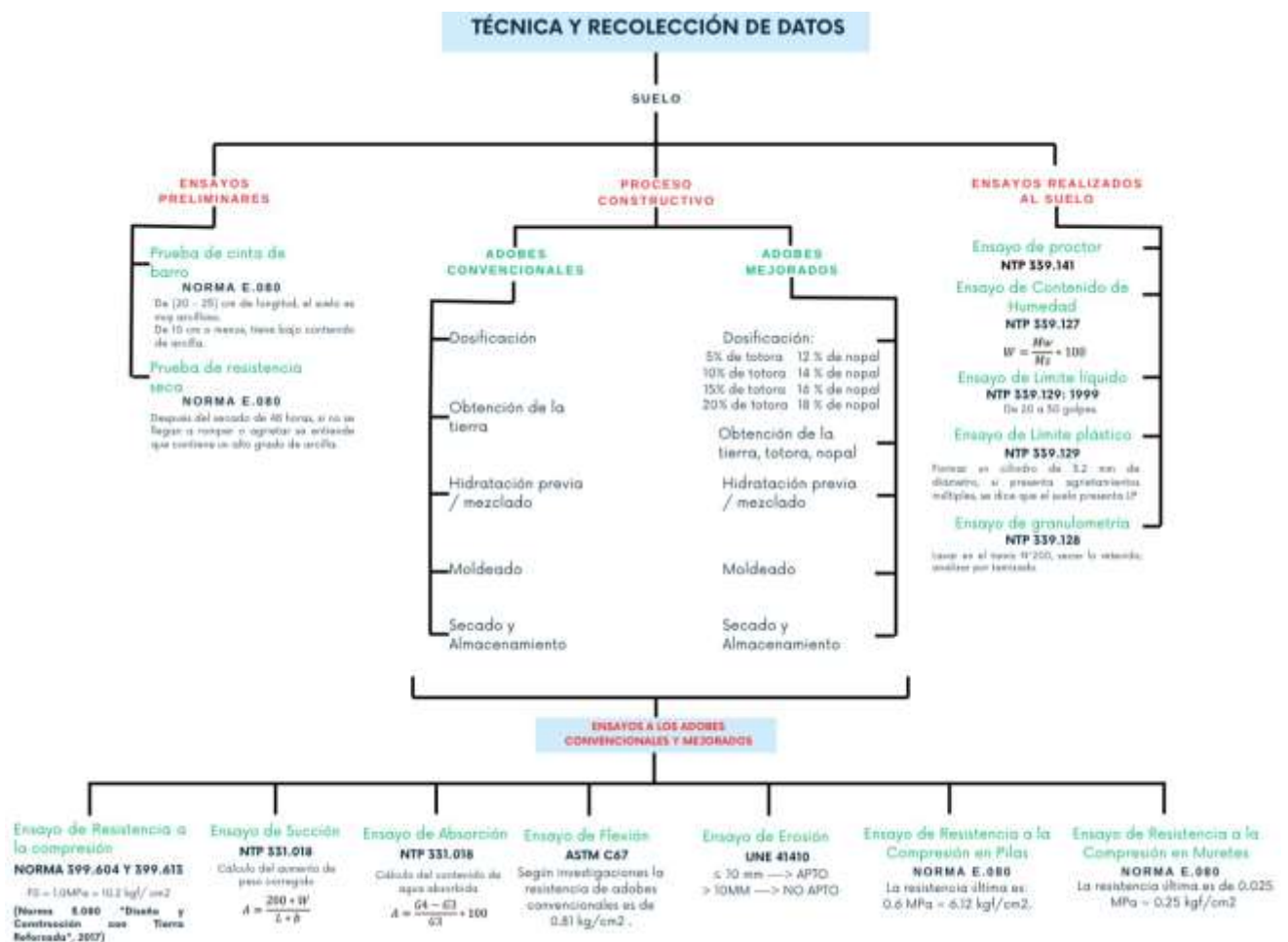


FIGURA 3. Técnicas y recolección de datos.

2.3. Diseño Experimental

Se empleó un diseño factorial basado en la combinación de diferentes proporciones de fibras de totora y mucílago de nopal, Obtenemos del ensayo de Proctor Estándar los valores de:

- Máxima Densidad Seca (MDD): 2.002 g/cm³
- Óptimo Contenido de Humedad (OMC): 10.70

Con estos valores reales de laboratorio, se calculo a partir de la densidad seca máxima y del volumen del bloque 8000 cm³.

- Peso del Suelo Seco por bloque: Volumen del bloque x MDD = 8000 cm³ x 2.002 g/cm³ = 16016 gramos = 16.016 kg.
- Volumen del Líquido Total por bloque (al 10.70% de humedad): 16.016 kg x 10.70% = 1.7137 kg de agua = 1713.7 cm³ o ml.

Los porcentajes de incorporación de fibra de totora (5%, 10%, 15% y 20%) fueron establecidos mediante una dosificación volumétrica respecto al volumen útil del molde empleado para la fabricación de las unidades de adobe, y no como un porcentaje en peso de la mezcla seca. Esta metodología se adoptó debido a la baja densidad aparente de la fibra de totora, la cual ocupa un volumen considerable con una masa reducida. Por tanto, los porcentajes reportados en esta investigación corresponden a una dosificación volumétrica, criterio empleado para garantizar una distribución homogénea de la fibra dentro de la matriz del adobe. Según este criterio se tiene las dosificaciones siguientes:

Tabla 1. Cuadro de Dosificación Volumétrica de la Fibra de Totora 5%, 10%, 15% y 20%.

Cantidad (%)	Volumen Total (cm3)	Volumen Tierra (cm3)	Volumen Totora (cm3)	Densidad Totora (g/cm3)	Cantidad Totora (kg)	Peso Suelo Seco (kg)
5% totora	8000	7600	400	0.18	0.072	14.230
10% totora	8000	7200	800	0.18	0.144	14.158
15% totora	8000	6800	1200	0.18	0.216	14.086
20% totora	8000	6400	1600	0.18	0.288	14.014

Tabla 2. Cuadro de Dosificación Volumétrica de Mucílago de Nopal 12%, 14%, 16% y 18%.

Cantidad (%)	Líquido Total (L)	Agua Limpia (L)	Volumen Mucílago (cm3)	Cantidad Mucílago (L)
12% mucílago	1.714	1.508	205.68	0.206
14% mucílago	1.714	1.474	239.96	0.240
16% mucílago	1.714	1.440	274.24	0.274
18% mucílago	1.714	1.405	308.52	0.309

Tabla 3. Dosificación de adobe convencional basada en los parámetros obtenidos mediante el ensayo Proctor Estándar.

Elemento / Dimensiones	Volumen (cm3)	Suelo Seco (kg)	Agua Óptima (L)	Ichu 0.5% (kg)
Adobe 40×20×10 (1ud)	8000	16.016	1.714	0.08
Cubo 10×10×10 (1ud)	1000	2.002	0.214	0.01

En total, se elaboraron 340 unidades de adobe para los ensayos físicos y mecánicos, además de pilas y muretes para la evaluación estructural.

Tabla 4. Muestra de la cantidad de adobes a realizados.

Fibra De Totora	Ensayo	Mucílago De Nopal					Parcial	Subtotal	Total
		0%	12%	14%	16%	18%			
0%	Succión	6	0	0	0	0	6		
	Absorción	6	0	0	0	0	6	12	
	Resistencia frente a la compresión (28 días)	8	0	0	0	0	8	8	20
5%	Succión	0	6	6	6	6	24		
	Absorción	0	6	6	6	6	24	48	
	Resistencia frente a la compresión (28 días)	0	8	8	8	8	32	32	80
10%	Succión	0	6	6	6	6	24		
	Absorción	0	6	6	6	6	24	48	
	Resistencia frente a la compresión (28 días)	0	8	8	8	8	32	32	80
15%	Succión	0	6	6	6	6	24		
	Absorción	0	6	6	6	6	24	48	
	Resistencia frente a la compresión (28 días)	0	8	8	8	8	32	32	80
20%	Succión	0	6	6	6	6	24		
	Absorción	0	6	6	6	6	24	48	
	Resistencia frente a la compresión (28 días)	0	8	8	8	8	32	32	80
TOTAL		20	100	100	100	100	340	340	340

Tabla 5. Muestra de la cantidad de pilas y muretes realizados.

Ensayo	Adobe Convencional	Adobe Incorporando % Óptimo de Mucílago de Nopal y Totora	Subtotal	Total
Pilas	4	4	8	
Muretes	4	4	8	16
TOTAL				16

2.4. Elaboración de muestras

El proceso de fabricación de los adobes incluyó las siguientes etapas:

- Selección y preparación del suelo
- Dosificación de materiales según el diseño experimental
- Homogeneización manual de la mezcla
- Moldeado de unidades de adobe (40x20x10) cm
- Secado natural en condiciones ambientales

El tiempo de curado de las muestras fue de 30 días antes de la realización de los ensayos mecánicos, para pilas se realizó con una altura de 30cm y muretes de aproximadamente 60x60cm en consecuencia se tuvo que esperar 30 días más para el secado de las juntas, asegurando condiciones uniformes para todas las unidades evaluadas.

3. PRUEBAS Y MÉTODOS

3.1. Ensayos experimentales

Las propiedades físico-mecánicas del adobe fueron evaluados mediante ensayos normalizados, conforme a normativa peruana y estándares internacionales.

Ensayo de succión de agua

La succión capilar se evaluó mediante procedimientos establecidos en normas técnicas, considerando al menos 5 especímenes por combinación experimental.

Ensayo de absorción de agua

El ensayo de absorción se realizó siguiendo la NTP 399.613 (ASTM C67), con el fin de evaluar la capacidad del material para retener humedad y su influencia en la durabilidad.

Ensayo de resistencia a la compresión

Se determinó la resistencia a la compresión de las unidades de adobe utilizando procedimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.080, considerando un mínimo de 8 especímenes por tratamiento.

Ensayo de flexión

Se determinó la resistencia a la flexión de las unidades de adobe utilizando procedimientos establecidos en la Norma Internacional ASTM C67, considerando 6 especímenes por tratamiento.

Ensayo de erosión

Se determinó la erosión de los bloques de adobes conforme a la norma internacional UNE 41410, considerando 6 especímenes por tratamiento.

Ensayos en pilas y muretes

Se construyeron pilas y muretes de adobe para evaluar el comportamiento estructural del material reforzado, conforme a la Norma E.080, considerando un mínimo de 3 unidades por tipo de ensayo.

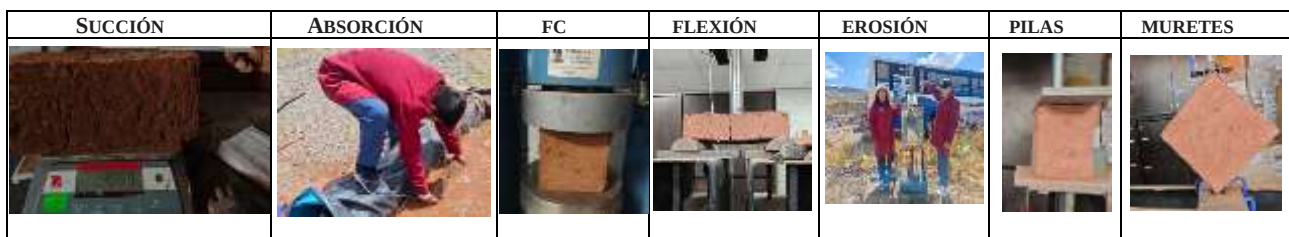


FIGURA 4. Ensayos con bloques realizados.

3.2. Diseño de Investigación

El estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, orientada a evaluar la influencia de la incorporación de fibras de totora y mucílago de nopal en las propiedades físico-mecánicas del adobe en zonas altoandinas.

El nivel de la investigación es explicativo debido a que busca establecer relaciones causales entre la variable independiente (contenido de fibras de totora y mucílago de nopal) y la variable dependiente (propiedades estructurales del adobe), mediante la comparación de resultados experimentales obtenidos en laboratorio.

3.3. Análisis Estadístico

El procesamiento de datos se realizó mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales.

Se aplicaron:

- Análisis de varianza (ANOVA), para determinar diferencias significativas entre tratamientos
- Análisis estadístico de Tstudent
- La prueba de tukey
- Desviación estándar y coeficiente de variación
- Prueba de normalidad (Shapiro-wilk)
- Homogeneidad de varianzas (Bartlett)

Estas técnicas permitieron identificar el efecto del refuerzo y determinar la proporción óptima de fibras en el material.

4. RESULTADOS

4.1. Pesos

Se evidencia una relación inversa entre el porcentaje de totora incorporado y el peso de los adobes, de modo que el incremento de este componente conlleva a una reducción del peso. Este comportamiento se atribuye a la menor densidad de la fibra de totora en comparación con el suelo, lo que genera una disminución de la masa del material conforme aumenta su proporción.

En cuanto al mucílago, su influencia sobre el peso resulta menos significativa. Se observa una ligera disminución del peso al aumentar su contenido; sin embargo, esta tendencia no se mantiene de forma uniforme en mezclas con mayores porcentajes de totora (15% y 20%). Este resultado sugiere que el mucílago cumple principalmente una función aglutinante, contribuyendo a la cohesión del material sin incidir de manera relevante en su masa.

TABLA 6. Pesos de los bloques de adobes mejorados.

Mucílago/ Totora	12% Mucílago (g)	14.% Mucílago (g)	16% Mucílago (g)	18% Mucílago (g)
5%Totora	13205	13075	12900	12375
5% Totora	13150	13205	12555	12565
5% Totora	12625	11725	12550	12415
5% Totora	12785	13875	13040	12805
5% Totora	13565	13030	12760	12570
5% Totora	13180	13625	12920	12135
10% Totora	12820	12145	11805	12450
10% Totora	13110	12540	12660	12505
10% Totora	12480	12380	11995	12100
10% Totora	12130	12490	12115	12035
10% Totora	12550	12610	11925	11745
10% Totora	12420	12120	12915	11935
15% Totora	11795	11830	11660	11530
15% Totora	11825	11455	11520	11870
15% Totora	11920	11655	11885	12400
15% Totora	11320	11770	11870	11910

15% Totora	11635	11080	11100	12020
15% Totora	11300	11850	11600	12185
20% Totora	11085	10760	11180	10925
20% Totora	11795	10910	10810	11685
20% Totora	11445	11340	11430	11900
20% Totora	11680	10810	11715	11075
20% Totora	10940	10575	11120	11430
20% Totora	11010	10875	10595	11430

TABLA 7. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Pesos de los bloques de adobes mejorados.

Tratamiento (Totora / Mucílago)	Promedio (g)	Desviación Estándar (g)	Coeficiente de Variación (%)
5% Totora + 12% Mucílago	13085	338.44	2.59%
5% Totora + 14% Mucílago	13089.17	744.15	5.69%
5% Totora + 16% Mucílago	12787.5	199.11	1.56%
5% Totora + 18% Mucílago	12477.5	222.02	1.78%
10% Totora + 12% Mucílago	12585	332.91	2.65%
10% Totora + 14% Mucílago	12380.83	206.21	1.67%
10% Totora + 16% Mucílago	12232.5	443.2	3.62%
10% Totora + 18% Mucílago	12128.33	296.88	2.45%
15% Totora + 12% Mucílago	11595.83	271.8	2.34%
15% Totora + 14% Mucílago	11610	291.56	2.51%
15% Totora + 16% Mucílago	11610.83	289.47	2.49%
15% Totora + 18% Mucílago	11985.83	297.8	2.48%
20% Totora + 12% Mucílago	11325.83	362.43	3.20%
20% Totora + 14% Mucílago	10878.33	258.91	2.38%
20% Totora + 16% Mucílago	11208.33	412.33	3.68%
20% Totora + 18% Mucílago	11407.5	362.77	3.18%

En la Tabla 8 se muestra que los bloques de adobe con 5% de totora y 16% de mucílago presentan una reducción de peso de 2.21% en comparación con el adobe convencional. Esta disminución se atribuye a la menor densidad de la fibra de totora, la cual reduce la masa del material.

TABLA 8. Pesos de bloques de adobe convencional y Adobe de 5% totora+16% de mucílago.

Item	Peso de bloques de adobe(40x20x10)						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
Adobe convencional	13160	12965	13055	13130	13080	13065	13075.833
Adobe de 5% totora+16% de mucílago	12900	12555	12550	13040	12760	12920	12787.5

4.2. Ensayo de Absorción

Los resultados del ensayo de absorción evidencian variaciones en función del contenido de fibra de totora y mucílago. Los valores registrados se distribuyen en rangos que van aproximadamente de 7.5% a 13.5%, según la dosificación empleada. En las mezclas evaluadas, se observa que los valores de absorción se agrupan de manera diferenciada para cada nivel de totora, manteniendo variaciones internas asociadas a los distintos porcentajes de mucílago.

TABLA 9. Valores del ensayo de Absorción.

Adobe + T/M	12% de mucílago (%)	14% de mucílago (%)	16% de mucílago (%)	18% de mucílago (%)
5% de totora	8.23	8.25	7.86	7.95
5% de totora	8.43	8.27	8.15	7.97
5% de totora	8.53	8.28	8.26	7.7
5% de totora	8.56	8.24	8.2	7.62
5% de totora	8.5	8.35	8.28	7.53

5% de totora	8.33	8.2	8.02	7.75
10% de totora	9.53	9.21	8.97	9.93
10% de totora	8.58	9.27	9.05	9.84
10% de totora	9.54	9.36	8.9	9.96
10% de totora	9.63	9.15	8.93	9.65
10% de totora	9.52	9.1	9.04	9.73
10% de totora	9.64	9.34	8.95	9.76
15% de totora	10.96	10.5	9.99	10.8
15% de totora	10.93	10.52	10	10.8
15% de totora	10.87	10.39	9.95	10.8
15% de totora	10.91	10.52	10.04	10.8
15% de totora	10.85	10.53	10.13	10.8
15% de totora	10.89	10.51	10.07	9.45
20% de totora	13.29	12.75	11.98	11.06
20% de totora	13.07	12.78	12.09	11.16
20% de totora	13.37	12.36	12.07	11.45
20% de totora	13.53	12.54	12.15	11.5
20% de totora	13.46	12.55	11.89	11.92
20% de totora	13.55	12.75	12.02	11.86

TABLA 10. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Absorción.

Tratamiento (Totora / Mucílago)	Promedio (%)	Desviación Estándar (%)	Coeficiente de Variación (%)
5% Totora + 12% Mucílago	8.43	0.128	1.52%
5% Totora + 14% Mucílago	8.252	0.051	0.62%
5% Totora + 16% Mucílago	8.127	0.154	1.90%
5% Totora + 18% Mucílago	7.753	0.155	2.00%
10% Totora + 12% Mucílago	9.393	0.401	4.27%
10% Totora + 14% Mucílago	9.238	0.106	1.15%
10% Totora + 16% Mucílago	8.973	0.059	0.65%
10% Totora + 18% Mucílago	9.812	0.12	1.23%
15% Totora + 12% Mucílago	10.902	0.04	0.37%
15% Totora + 14% Mucílago	10.495	0.053	0.50%
15% Totora + 16% Mucílago	10.03	0.064	0.64%
15% Totora + 18% Mucílago	10.575	0.551	5.21%
20% Totora + 12% Mucílago	13.378	0.179	1.34%
20% Totora + 14% Mucílago	12.622	0.169	1.34%
20% Totora + 16% Mucílago	12.033	0.092	0.76%
20% Totora + 18% Mucílago	11.483	0.347	3.02%

En la Tabla 11 se presenta la comparación del porcentaje de absorción entre el adobe convencional y la mezcla con 5% de totora y 16% de mucílago. El adobe convencional registra un valor promedio de 11.55%, mientras que la mezcla mejorada presenta un promedio de 8.13%. Estos resultados evidencian diferencias en la capacidad de absorción entre ambos materiales.

TABLA 11. Comparación del porcentaje de absorción entre el adobe convencional y adobe con 5% de totora y 16% de mucílago

Ítem	Adobe Convencional						Adobe con 5% totora + 16% de mucílago					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Absorción (%)	11.5	11.62	11.7	11.65	11.4	11.46	7.86	8.15	8.26	8.2	8.28	8.02
Promedio de (%)	11.552						8.127					

4.3. Ensayo de Succión

Los resultados del ensayo de succión evidencian variaciones en el comportamiento del adobe, las cuales dependen directamente de las distintas dosificaciones de fibra de totora y mucílago de nopal empleadas.

TABLA 12. Valores del ensayo de Succión.

Adobe + T/M	12% de mucilago (g/200cm2.min)	14% de mucilago (g/200cm2.min)	16% de mucilago (g/200cm2.min)	18% de mucilago (g/200cm2.min)
5% de totora	9.45	9.45	8.1	9.45
5% de totora	9.45	8.1	9.45	8.1
5% de totora	9.45	9.45	9.45	8.1
5% de totora	9.45	9.45	8.1	9.45
5% de totora	9.45	9.45	9.45	8.1
5% de totora	9.45	9.45	9.45	9.45
10% de totora	10.8	10.8	9.45	10.8
10% de totora	9.45	8.1	9.45	9.45
10% de totora	10.8	9.45	10.8	9.45
10% de totora	10.8	10.8	9.45	9.45
10% de totora	10.8	10.8	10.8	9.45
10% de totora	9.45	10.8	9.45	9.45
15% de totora	12.15	12.15	12.15	10.8
15% de totora	12.15	12.15	10.8	10.8
15% de totora	12.15	12.15	10.8	10.8
15% de totora	12.15	10.8	10.8	10.8
15% de totora	12.15	12.15	10.8	10.8
15% de totora	13.5	10.8	10.8	9.45
20% de totora	14.84	14.84	12.15	12.15
20% de totora	13.5	13.5	13.5	13.5
20% de totora	14.84	13.5	13.5	13.5
20% de totora	14.84	14.84	13.5	13.5
20% de totora	13.5	12.15	13.5	12.15
20% de totora	13.5	14.84	13.5	13.5

TABLA 13. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Succión.

Tratamiento (Totora / Mucilago)	Promedio (g/200cm2.min)	Desviación Estándar (g/200cm2.min)	Coeficiente de Variación (%)
5% Totora + 12% Mucilago	9.45	0	0.00%
5% Totora + 14% Mucilago	9.225	0.551	5.97%
5% Totora + 16% Mucilago	9	0.697	7.75%
5% Totora + 18% Mucilago	8.775	0.739	8.43%
10% Totora + 12% Mucilago	10.35	0.697	6.74%
10% Totora + 14% Mucilago	10.125	1.129	11.16%
10% Totora + 16% Mucilago	9.9	0.697	7.04%
10% Totora + 18% Mucilago	9.675	0.551	5.70%
15% Totora + 12% Mucilago	12.375	0.551	4.45%
15% Totora + 14% Mucilago	11.7	0.697	5.96%
15% Totora + 16% Mucilago	11.025	0.551	5.00%
15% Totora + 18% Mucilago	10.575	0.551	5.21%
20% Totora + 12% Mucilago	14.17	0.734	5.18%
20% Totora + 14% Mucilago	13.945	1.097	7.87%
20% Totora + 16% Mucilago	13.275	0.551	4.15%
20% Totora + 18% Mucilago	13.05	0.697	5.34%

Tabla 14 muestra los valores promedio de succión para el adobe convencional y la mezcla con 5% de totora y 16% de mucilago. El adobe convencional presenta un valor promedio de 12.94 g/200cm2.min, mientras que la mezcla reforzada registra un valor de 9.00 g/200cm2.min. Estos resultados indican una reducción en la capacidad de succión del material.

TABLA 14. Promedio de succión entre el adobe convencional y adobe 5% de totora +16% de mucilago.

	Adobe Convencional						Adobe con 5% totora + 16% de mucilago					
Ítem	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14
Succión (g/200cm2.min)	13.5	12.5	12.5	14	14	12.2	8.1	9.45	9.45	8.1	9.45	9.45
Promedió de (g/200cm2.min)	12.942						9					

TABLA 15. Valores del ensayo de Resistencia a la Compresión.

Adobe + T/M	12% de Mucilago (g)	14% de Mucilago (g)	16% de Mucilago (g)	18% de Mucilago (g)
5% de Totora	8.7	8.4	11.4	10.6
5% de Totora	7.7	9	11	9.9
5% de Totora	8.7	10.4	12.4	9.2
5% de Totora	7.7	8.2	11.9	9.1
5% de Totora	9	10.2	12	9.2
5% de Totora	8.5	9.5	12.7	10.1
5% de Totora	10.3	10.3	12.7	8.6
5% de Totora	9.9	8.3	14.1	9
10% de Totora	8	8.6	8.6	9.3
10% de Totora	8.7	8.9	8.7	7.5
10% de Totora	8	10.5	8.5	9
10% de Totora	10.2	9.7	10	10.6
10% de Totora	10.7	9.7	8.6	9.3
10% de Totora	9	9.6	8.8	7.4
10% de Totora	6.8	9.1	8.5	8.2
10% de Totora	9.7	8.9	8.9	8.7
15% de Totora	6.7	8.3	9.9	8.6
15% de Totora	7.6	7.7	8.4	7.5
15% de Totora	7	7.6	6.7	7.9
15% de Totora	6.5	6.3	7.6	8.2
15% de Totora	6.6	6.1	8.2	7.7
15% de Totora	7.7	7.8	8.9	8.6
15% de Totora	7.3	7	8	9
15% de Totora	7.7	8.1	7	8.2
20% de Totora	7.1	7.4	7.1	7.5
20% de Totora	7.2	6.8	5.9	6.5
20% de Totora	7.2	8.1	6.6	6.9
20% de Totora	8.8	7.3	6.1	6.9
20% de Totora	6.9	7.8	6	7.6
20% de Totora	7.8	8.6	5.7	7.4
20% de Totora	7.2	7.2	4.7	6.1
20% de Totora	7.4	6.4	6	6.6

4.4. Resistencia a la compresión de cubos

El ensayo de resistencia a la compresión permite determinar la respuesta mecánica de los especímenes de adobe ante diversas dosificaciones de fibra de totora y mucilago. Los resultados obtenidos evidencian cómo las variaciones en estas proporciones influyen directamente en la capacidad resistente del material, permitiendo caracterizar el comportamiento de cada combinación analizada.

TABLA 16. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Resistencia a la Compresión.

Tratamiento (Totora / Mucílago)	Promedio (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Coeficiente de Variación (%)
5% Totora + 12% Mucílago	8.813	0.94	10.67%
5% Totora + 14% Mucílago	9.29	0.923	9.94%
5% Totora + 16% Mucílago	12.275	0.941	7.66%
5% Totora + 18% Mucílago	9.338	0.635	6.80%
10% Totora + 12% Mucílago	8.888	1.256	14.14%
10% Totora + 14% Mucílago	9.375	0.609	6.50%
10% Totora + 16% Mucílago	8.825	0.501	5.67%
10% Totora + 18% Mucílago	8.613	1.055	12.25%
15% Totora + 12% Mucílago	7.138	0.518	7.26%
15% Totora + 14% Mucílago	7.363	0.852	11.57%
15% Totora + 16% Mucílago	8.088	1.025	12.67%
15% Totora + 18% Mucílago	8.213	0.506	6.16%
20% Totora + 12% Mucílago	7.475	0.597	7.99%
20% Totora + 14% Mucílago	7.45	0.741	9.94%
20% Totora + 16% Mucílago	6.013	0.681	11.33%
20% Totora + 18% Mucílago	6.938	0.526	7.59%

En la Tabla 17 el adobe convencional alcanza un promedio de 9.21 kg/cm², mientras que la mezcla reforzada registra un valor de 12.28 kg/cm². Los resultados evidencian un incremento en la capacidad resistente del material.

TABLA 17. Resistencia de promedio a la compresión entre el adobe convencional y adobe 5% de totora +16% de mucílago.

Item	Adobe Convencional								Adobe con 5% totora + 16% de mucílago							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Resistencia f'c (kg/cm ²)	8.2	9.1	8.4	8	9.8	11.9	9.1	9.2	11.9	12.4	12.1	12.7	12.5	11.8	12	12.8
Promedio f'c (kg/cm ²)	9.21								12.28							

Tras completar la etapa experimental, se determinó el porcentaje óptimo de adición de totora y mucílago, el cual optimiza tanto la resistencia a la compresión como los resultados en los ensayos de succión y absorción. Con base en esta dosificación óptima, se procedió a realizar un estudio comparativo mediante la construcción de pilas y muretes, evaluando el desempeño de unidades convencionales frente a unidades reforzadas con un 5% de totora y un 16% de mucílago de nopal.

4.5. Resistencia a la flexión

Los resultados del ensayo de flexión, permite determinar la cohesión interna de la matriz de tierra y de su capacidad para resistir agrietamientos antes y después de su colocación en el muro.

TABLA 18. Valores del ensayo de Resistencia a la Flexión

Item	Muestra	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)
1	Adobe Convencional	3.70
2	Adobe Convencional	5.40
3	Adobe Convencional	4.20
4	Adobe Convencional	4.30
5	Adobe Convencional	5.40
6	Adobe Convencional	4.70
7	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	7.20
8	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	9.90
9	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.00
10	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.60
11	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.90
12	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.10

TABLA 19. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Resistencia a la Flexión.

	Promedio (kg/cm2)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Resistencia a la flexión de adobe convencional	4.62	0.69	14.84
Resistencia a la flexión de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	8.45	0.92	10.87

4.6. Ensayo de Erosión

El ensayo de erosión permitió evaluar la durabilidad física y la resistencia al intemperismo húmedo del adobe frente a la acción directa de las lluvias y la humedad ambiental.

TABLA 20. Valores del ensayo de Erosión.

Descripción	Valor	Unidad
Volumen del recipiente	0.004	m ³
Tiempo	40.85	S
Caudal del caño	0.000098	m ³ /s
Diámetro del caño	0.0119	M
Diámetro de la manguera	0.015	M
Diámetro de la boquilla	0.005	M
Área del caño	0.000111	m ²
Área de la manguera	0.000177	m ²
Área de la boquilla	0.00002	m ²
Velocidad del caño	0.88	m/s
Velocidad en la manguera	0.554	m/s
Velocidad en la boquilla	4.987	m/s
Densidad del agua	1000	kg/m ³
Fuerza	0.434	N
	22106.682	(kg·m/s ²)
Presión	0.02211	N/m ² (Pa)
		MPa

TABLA 21. Resultados del ensayo de Erosión

Item	Muestra	Profundidad (mm)	Clasificación
1	Adobe Convencional	11.51	NO APTO
2	Adobe Convencional	11.44	NO APTO
3	Adobe Convencional	11.37	NO APTO
4	Adobe Convencional	11.60	NO APTO
5	Adobe Convencional	11.42	NO APTO
6	Adobe Convencional	11.33	NO APTO
7	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.61	APTO
8	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.08	APTO
9	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.23	APTO
10	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.52	APTO
11	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	7.99	APTO
12	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.31	APTO

TABLA 22. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Erosión.

	Promedio (mm)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Erosión de adobe convencional	11.45	0.10	0.90
Erosión de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	8.29	0.25	3.03

4.7. Resistencia a la compresión de Pilas

Los resultados de los ensayos de compresión en pilas permiten constatar una variación significativa en el comportamiento mecánico de las unidades al incorporar aditivos. El análisis comparativo evidencia un desempeño diferenciado entre las pilas construidas con adobe convencional y aquellas fabricadas con unidades reforzadas al 5% de totora y 16% de mucílago de nopal.

TABLA 23. Valores del ensayo de Resistencia a la Compresión de Pilas.

Item	Muestra	Resistencia fm (kg/cm2)
1	Adobe Convencional	6.60
2	Adobe Convencional	6.13
3	Adobe Convencional	6.54
4	Adobe Convencional	7.31
5	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	8.62
6	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	9.43
7	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	9.78
8	Adobe con 5% totora+16% de Mucílago	9.19

TABLA 24. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Resistencia a la Compresión de pilas.

	Promedio (kg/cm2)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Resistencia a la compresión de pilas de adobe convencional	6.65	0.49	7.37
Resistencia la compresión de pilas de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	9.26	0.49	5.27

La Tabla 23 evidencia que la incorporación de un 5% de totora y 16% de mucílago de nopal incrementa significativamente la resistencia a la compresión de las pilas de adobe en un 39.25%. Este resultado confirma la viabilidad técnica de la mezcla optimizada, la cual, al favorecer una mejor transferencia de esfuerzos, supera el desempeño mecánico del adobe convencional, aun considerando la mayor dispersión en los valores de resistencia obtenidos para el grupo reforzado.

4.8. Resistencia a la compresión de Muretes

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes (vm) revelan variaciones significativas en el comportamiento mecánico, dependiendo de la composición de las unidades empleadas. Se comparó el desempeño estructural de muretes construidos con adobe convencional frente a aquellos fabricados con unidades reforzadas con un 5% de fibra de totora y un 16% de mucílago de nopal.

TABLA 25. Valores del ensayo de Resistencia a la Compresión diagonal en Muretes (vm).

Item	Muestra	Resistencia a la Compresión diagonal en Muretes (vm) (Kg/cm2)
1	Adobe Convencional	0.26
2	Adobe Convencional	0.32
3	Adobe Convencional	0.37
4	Adobe Convencional	0.35
5	Adobe con 5% totora+16% de Mucilago	0.43
6	Adobe con 5% totora+16% de Mucilago	0.47
7	Adobe con 5% totora+16% de Mucilago	0.43
8	Adobe con 5% totora+16% de Mucilago	0.50

TABLA 26. Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los Valores del ensayo de Resistencia a la Compresión diagonal en Muretes (vm).

	Promedio (kg/cm2)	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Resistencia a la Compresión diagonal en Muretes (vm) de adobe convencional	0.33	0.05	14.76
Resistencia a la Compresión diagonal en Muretes (vm) de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	0.46	0.03	7.44

La Tabla 25 presenta los resultados de la resistencia a la compresión diagonal en muretes. Se observa que el adobe convencional alcanza una resistencia promedio de 0.33 kg/cm², mientras que la mezcla reforzada (5% de totora y 16% de mucílago) registra un promedio superior de 0.46 kg/cm². Este incremento del 40.7% en la Resistencia a la compresión diagonal en muretes (vm) evidencia que la incorporación de fibras naturales optimiza la respuesta del material ante esfuerzos tangenciales. Asimismo, es importante destacar que ambos grupos superan ampliamente el esfuerzo mínimo de 0.25 kg/cm² exigido por la normativa, garantizando un desempeño estructural adecuado frente a cargas laterales.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Ensayo de Absorción

El análisis de varianza anova de dos factores mostró diferencias estadísticamente significativas. Para el factor contenido de totora, se obtuvo un valor de $F = 1617.13$, con una probabilidad asociada de $p = 1.81 \times 10^{-71}$, lo que indica diferencias altamente significativas entre los niveles evaluados.

TABLA 27. Resultados de Análisis de varianza del ensayo de Absorción.

Variaciones	SC	GL	PC	F	P	F critico
Totora	233.432	3	77.8106	1617.13	1.82E-71	2.71878
Mucilago	7.74294	3	2.58098	53.6403	4.18E-19	2.71878
Interacción	10.1417	9	1.12686	23.4194	5.38E-19	1.99911
Dentro del grupo	3.84932	80	0.04812			
Total	255.166	95				

FIGURA 5. Análisis de resultados del ensayo de Absorción

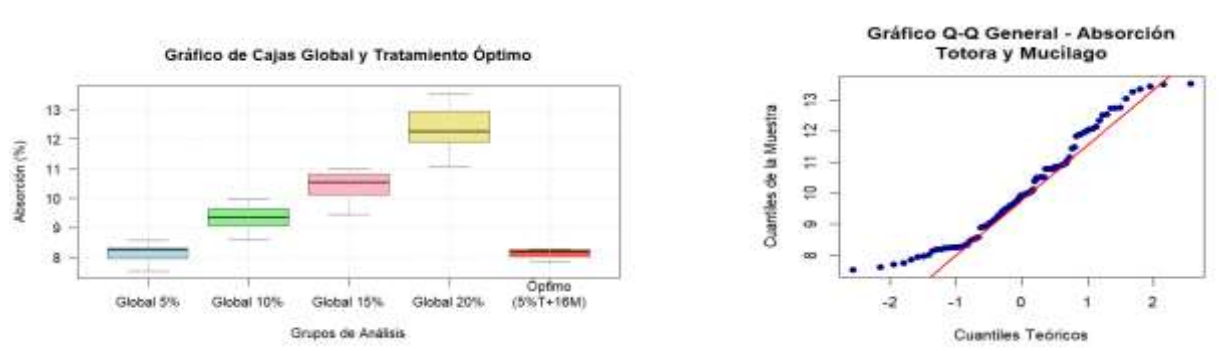


TABLA 28. Prueba de normalidad de absorción general y óptimo.

Grupo_Evaluado	Estadístico_W	P_valor	Evaluacion	Condicion
Global 5% Totora	0.9289	0.0922	Normal	Análisis Global
Global 10% Totora	0.9641	0.5271	Normal	Análisis Global
Global 15% Totora	0.8779	0.0075	No Normal	Análisis Global
Global 20% Totora	0.9547	0.3413	Normal	Análisis Global

TABLA 29. Prueba de homogeneidad de absorción general y óptimo.

Grupo_Evaluado	K_squared	Grados_Libertad	p_valor	Homogeneidad	Condicion
Totora 5% + % de Mucilago	6.3113	3	0.0974	Homogeneo (Si)	Analisis por Bloque
Totora 10% + % de Mucilago	18.9477	3	0.0003	No Homogeneo	Analisis por Bloque
Totora 15% + % de Mucilago	40.6424	3	0	No Homogeneo	Analisis por Bloque
Totora 20% + % de Mucilago	8.0582	3	0.0448	No Homogeneo	Analisis por Bloque

El análisis estadístico del ensayo de absorción demuestra que tanto la Totora ($F=1617.13$; $p<0.05$) como el Mucilago ($F=53.64$; $p<0.05$) influyen de manera altamente significativa en los resultados, existiendo además una clara interacción entre ambos factores ($p=5.38 \times 10^{-19}$). Visualmente, se observa un incremento escalonado y directo de la absorción a medida que aumenta el porcentaje global de Totora (del 5% al 20%), destacando el tratamiento Óptimo (5%T + 16M) por registrar los niveles de absorción más bajos, estables y con mínima variabilidad. Finalmente, aunque los gráficos de diagnóstico sugieren un comportamiento general aproximado a la normalidad, las pruebas estadísticas específicas (Tablas 27 y 28) revelan que la mayoría de los subgrupos individuales presentan desviaciones significativas en sus supuestos distributivos, lo que valida técnicamente la necesidad de aplicar un análisis por bloques.

Ensayo de Succión

La succión capilar constituye una propiedad física que permite evaluar la capacidad del adobe para absorber agua por acción capilar, siendo un indicador importante de su comportamiento frente a la humedad

TABLA 30. Resultados de Análisis de varianza del ensayo de Succión.

Variaciones	SC	GL	PC	F	P	F critico
Totora	276.4645	3	92.154834	188.602	3.54E-36	2.71878
Mucilago	16.110178	3	5.3700594	10.9903	4.05E-06	2.71878
Interacción	3.2000344	9	0.3555594	0.72768	0.6822628	1.99911
Dentro del grupo	39.08955	80	0.4886194			
Total	334.86427	95				

FIGURA 6. Análisis de resultados del ensayo de Succión.

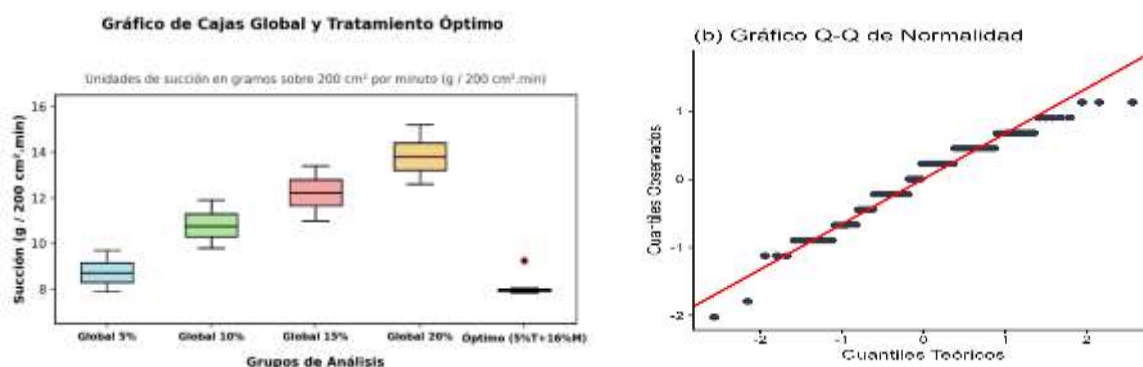


TABLA 31. Prueba de normalidad de succión general y óptimo.

Grupo_Evaluado	Estadistico_W	p_valor	Evaluacion_Real	Condicion
Totora 5% + % de Mucilago	0.9234	0.0658	Normal ($p > 0.05$)	Análisis por Bloques
Totora 10% + % de Mucilago	0.9085	0.0443	No Normal ($p < 0.05$)	Análisis por Bloques
Totora 15% + % de Mucilago	0.8984	0.0267	No Normal ($p < 0.05$)	Análisis por Bloques
Totora 20% + % de Mucilago	0.8805	0.0105	No Normal ($p < 0.05$)	Análisis por Bloques

TABLA 32. Prueba de homogeneidad de succión general y óptimo.

Grupo_Evaluado	K_squared	Grados_Libertad	p_valor	Homogeneidad	Condicion
Totora 5% + % de Mucilago	5.2018	3	0.1576	Homogeneo (Si)	Analisis por Bloque
Totora 10% + % de Mucilago	4.4172	3	0.2198	Homogeneo (Si)	Analisis por Bloque
Totora 15% + % de Mucilago	1.4599	3	0.6916	Homogeneo (Si)	Analisis por Bloque
Totora 20% + % de Mucilago	1.761	3	0.6235	Homogeneo (Si)	Analisis por Bloque

El análisis estadístico del ensayo de succión determina que tanto la Totora ($F=188.60$; $p<0.05$) como el Mucilago ($F=10.99$; $p<0.05$) ejercen un efecto individual altamente significativo sobre la variable dependiente, mientras que la interacción entre ambos factores no resulta estadísticamente significativa ($p=0.682$). A nivel gráfico, se evidencia una relación directamente proporcional donde la succión capilar se incrementa de forma escalonada a medida que aumenta el contenido de fibra de totora del 5% al 20%. Por último, las pruebas complementarias validan que el tratamiento del 5% de Totora cumple con el supuesto de normalidad ($p=0.0658$), y la Tabla 31 confirma la homogeneidad de varianzas en todos los bloques evaluados ($p>0.05$), consolidando la consistencia técnica de estos resultados.

Resistencia a compresión de bloques de adobes.

En relación con el factor contenido de totora, se obtuvo un valor de $F = 61.34$, con una probabilidad asociada de $p = 2.08 \times 10^{-35}$, lo que indica diferencias altamente significativas entre los niveles evaluados.

Para el factor contenido de mucilago, el análisis mostró un valor de $F = 6.54$ y una probabilidad de $p = 0.00041$, evidenciando también diferencias significativas entre las dosificaciones.

Estos resultados evidencian que tanto los factores individuales como su interacción tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el comportamiento mecánico del adobe.

TABLA 33. Resultados de Análisis de varianza del ensayo de Resistencia a la Compresión.

Variaciones	SC	GL	PC	F	P	F critico
Totora	184.01938	3	61.3	123.7	2.10E-35	2.68564
Mucilago	9.73375	3	3.24	6.545	0.00041	2.68564
Interacción	64.170625	9	7.13	14.38	3.20E-15	1.96449
Dentro del grupo	55.525	112	0.5			
Total	313.44875	127				

La Tabla 32 presenta los resultados de las comparaciones múltiples de Tukey, los cuales evidencian diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto a la resistencia a la compresión ($P < 0.05$). El tratamiento con 5% de totora alcanzó el mayor valor promedio (12.27 kg/cm^2), diferenciándose estadísticamente del resto de los grupos al posicionarse en el subconjunto 'A'.

TABLA 34. Prueba de tukey de la resistencia a la compresión de cubos.

Tratamiento	Resistencia (kg/cm^2)	Grupo
5% totora	12.27	A
Convencional	9.21	B
10% totora	8.83	B
15% totora	8.21	B
20% totora	6.01	C

FIGURA 7. Análisis de resultados del ensayo de compresión de cubos.

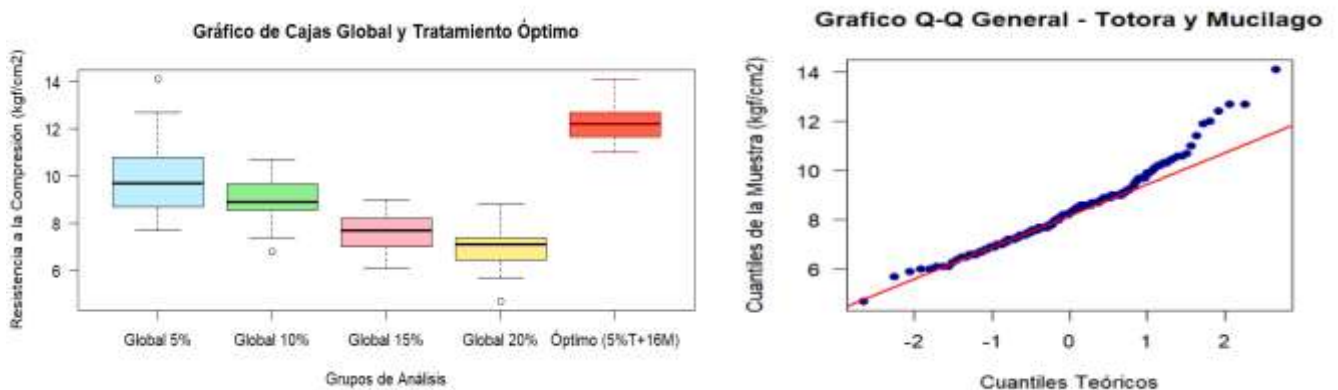


TABLA 35. Prueba de normalidad de resistencia a la compresión general y óptimo.

Grupo_Evaluado	Estadístico_W	p_valor	Evaluación	Condicion
Global 5% Totora	0.935	0.0541	Normal	Análisis Global
Global 10% Totora	0.9739	0.6135	Normal	Análisis Global
Global 15% Totora	0.9691	0.4754	Normal	Análisis Global
Global 20% Totora	0.9772	0.7151	Normal	Análisis Global
5% Totora + 16M	0.5502	0.713	Normal	ÓPTIMO EXPERIMENTAL

TABLA 36. Prueba de homogeneidad de resistencia a la compresión general y óptimo.

Grupo_Evaluado	Estadístico_K2	p_valor	Evaluación	Condicion
Global 5% Totora	1.0239	0.7955	Homogéneo	Análisis Global
Global 10% Totora	7.3384	0.0619	Homogéneo	Análisis Global
Global 15% Totora	2.9218	0.4038	Homogéneo	Análisis Global
Global 20% Totora	0.6662	0.8811	Homogéneo	Análisis Global

El análisis estadístico del ensayo de resistencia a la compresión demuestra que tanto la Totora ($F=123.7$; $p<0.05$) como el Mucílago ($F=6.545$; $p=0.00041$) ejercen efectos individuales altamente significativos, existiendo además una interacción conjunta muy marcada entre ambos factores ($p=3.2 \times 10^{(-15)}$). De acuerdo con la prueba de Tukey (Tabla 33) y el análisis gráfico, se evidencia una relación inversamente proporcional, donde el aumento en el porcentaje de Totora reduce progresivamente la resistencia mecánica, destacando el tratamiento con 5% de Totora al alcanzar el mayor promedio de resistencia (12.28 kg/cm^2) y posicionarse de forma aislada en el grupo superior "a". Finalmente, las pruebas de diagnóstico validan plenamente la rigurosidad del modelo, ya que el tratamiento 5% Totora + 16M es catalogado como el "Óptimo Experimental" con un comportamiento normal ($p=0.713$), mientras que las evaluaciones globales de las Tablas 34 y 35 confirman el cumplimiento estricto de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas ($p>0.05$) en todos los niveles principales.

Ensayo de resistencia a la Flexión

TABLA 37. Prueba T de Student: resistencia a la flexión de adobe convencional y flexión de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Var. Agrupada	T	p-valor	F
Resistencia a la flexión de adobe convencional y flexión de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago	0.00656	-8.19549	0.0000095	2.22814

TABLA 38. Varianza y media de resultados de resistencia a la flexión de adobe convencional y flexión de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Media	Varianza
Resistencia a la flexión de adobe convencional	4.62	0.004697
Resistencia a la flexión de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	8.45	0.00843

La incorporación de la dosificación óptima transfiere una mejora real del 83.03% en la resistencia a la flexión a nivel de unidades individuales de adobe. Además, las varianzas controladas en ambos grupos (4.62 frente a 8.45) demuestran que el bloque mejorado mantiene una homogeneidad mecánica idónea y una dispersión acotada para su aplicación constructiva, garantizando un comportamiento predecible y una alta confiabilidad estructural frente a agrietamientos y esfuerzos sísmicos en la zona altoandina.

FIGURA 8. Análisis de resultados del ensayo de flexión.

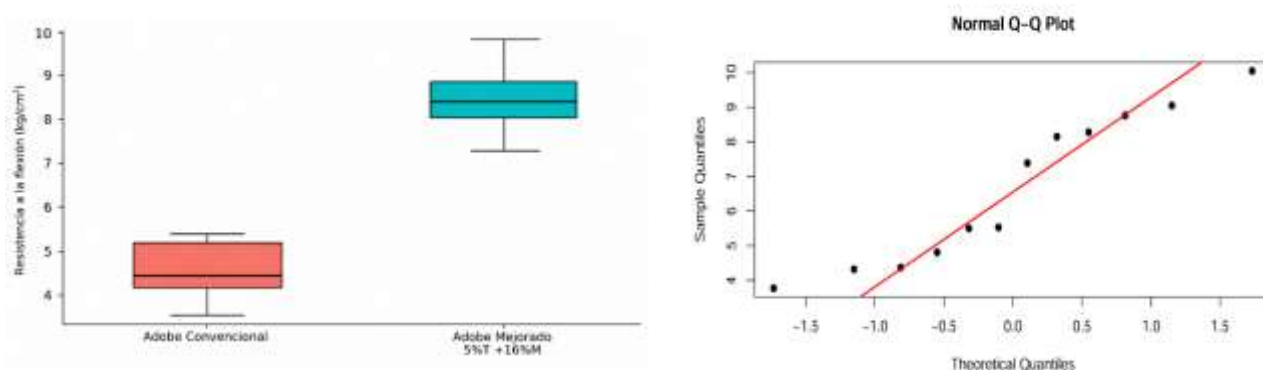


TABLA 39. Prueba de normalidad de flexión convencional y óptimo

Grupo_Evaluado	Estadistico_W	P_valor	Evaluacion	Condicion
Adobe Convencional	0.9176	0.4884	Normal	Resistencia de Flexión
Adobe 5% Totora + 16% Mucílago	0.9811	0.9571	Normal	Resistencia de Flexion

TABLA 40. Prueba de homogeneidad de flexión convencional y óptimo

Grupo_Evaluado	Varianza	Estadistico_K2	P_valor	Evaluacion	Condicion
Adobe Convencional	0.4915	0.2941	0.587	Homogeneo	Resistencia de Flexion
Adobe 5% Totora + 16% Mucílago	0.8197	0.2941	0.587	Homogeneo	Resistencia de Flexion

El análisis gráfico y de supuestos estadísticos para el ensayo de resistencia a la flexión (Figura 8) confirma la validez metodológica y la robustez del modelo experimental. El gráfico de cajas evidencia una clara superioridad del Adobe Mejorado (5%T + 16%M), cuyas resistencias mecánicas se desplazan sólidamente hacia rangos más elevados y con una dispersión controlada, comportamiento respaldado por el gráfico Q-Q plot donde los cuantiles muestrales se alinean de forma idónea sobre la diagonal teórica de referencia. Asimismo, la Tabla 38 mediante la prueba de Shapiro-Wilk, donde ambos grupos de datos cumplen con el supuesto de normalidad al reportar p-valores mayores a ($\alpha = 0.05$) ($p = 0.4884$ y $p = 0.9571$), respectivamente), mientras que la Tabla 39 corrobora la homogeneidad de varianzas con una significancia única de 0.587, validando estadísticamente las comparaciones previas y consolidando al bloque estabilizado como una alternativa estructuralmente confiable y homogénea para la edificación altoandina.

Ensayo de Erosión

TABLA 41. Prueba T de Student: erosión de adobe convencional y erosión de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Var. Agrupada	t	p-valor	F
Erosión de adobe convencional y erosión de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago	0.03412	29.58607	4.5485E-11	2.22814

TABLA 42. Varianza y media de resultados de erosión de adobe convencional y erosión de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Media	Varianza
Erosión de adobe convencional	11.445	0.00955
Erosión de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	8.29	0.05868

La incorporación de la dosificación óptima transfiere una reducción real del 27.56% en la profundidad de socavación superficial por agua a nivel de unidades individuales de adobe. Además, los promedios obtenidos demuestran que el Adobe Mejorado (5%T + 16%M) alcanza un desgaste medio de apenas 8.29 mm, logrando posicionarse por debajo del umbral crítico de 10 mm para ser clasificado como APTO, a diferencia del Adobe Convencional que falla el ensayo al registrar 11.445 mm de erosión. Este comportamiento convalida estadísticamente ($t = 29.59$; $p < 0.05$) que el mucílago de nopal operó exitosamente como un sellador hidrofóbico que densificó la matriz arcillosa de Acora, garantizando una alta resistencia al intemperismo húmedo y una durabilidad controlada frente a las precipitaciones extremas de la zona altoandina.

FIGURA 9. Análisis de resultados del ensayo de Erosión.

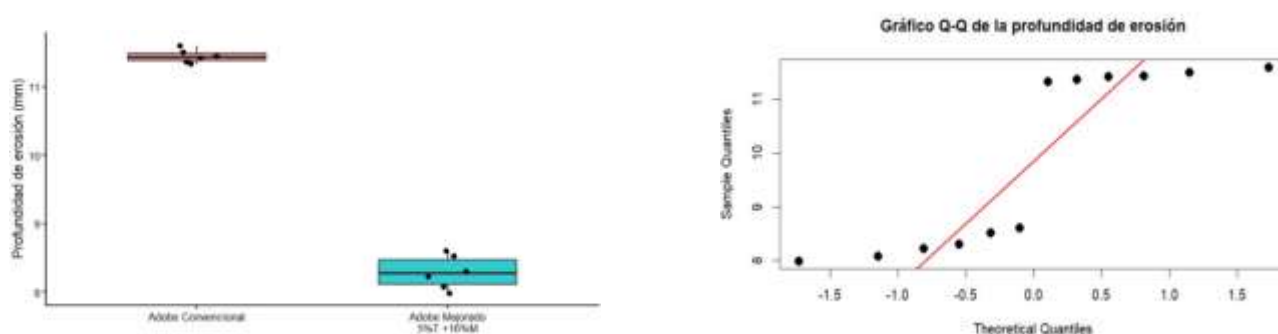


TABLA 43. Prueba de normalidad de Erosión convencional y óptimo

Grupo_Evaluado	Estadístico_W	P_valor	Evaluacion	Condicion
Adobe Convencional	0.96512	0.8578	Normal	Profundidad de Erosión
Adobe 5% Totora + 16% Mucilago	0.95456	0.7770	Normal	Profundidad de Erosión

TABLA 44. Prueba de homogeneidad de Erosión convencional y óptimo

Grupo_Evaluado	Varianza	Estadístico_K2	P_valor	Evaluacion	Condicion
Adobe Convencional	0.0095	3.3219	0.068	Homogeneo	Profundidad de Erosión
Adobe 5% Totora + 16% Mucilago	0.0587	3.3219	0.068	Homogeneo	Profundidad de Erosión

El análisis gráfico y de supuestos estadísticos para el ensayo de erosión acelerada Figura 9 ratifica la validez metodológica y la consistencia del modelo experimental. El gráfico de cajas evidencia visualmente el impacto del tratamiento óptimo, donde el Adobe Mejorado (5%T + 16%M) logra reducir la profundidad de socavación hacia un rango seguro e inferior a los 10 mm, exhibiendo una dispersión sumamente acotada en comparación con el bloque convencional. Por su parte, el gráfico Q-Q plot de la profundidad de erosión muestra una alineación que valida de forma preliminar el comportamiento normal de los errores. Asimismo, la rigurosidad científica queda confirmada en la Tabla 42 mediante la prueba de Shapiro-Wilk, donde ambos grupos cumplen estrictamente con el supuesto de normalidad al reportar p-valores mayores a ($\alpha = 0.05$), ($p = 0.8578$ y $p = 0.7770$, respectivamente), mientras que la Tabla 43 corrobora la homogeneidad de varianzas o homocedasticidad con una significancia única de 0.068, validando matemáticamente la robustez de las comparaciones y consolidando la viabilidad técnica del bloque estabilizado frente al intemperismo altoandino.

Ensayo de Pilas

TABLA 45. Prueba T de Student: Compresión de pilas de adobe convencional y pilas de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Var. Agrupada	t	p-valor	F
Resistencia a la compresión de pilas de adobe convencional y pilas de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago	0.23853	-7.55252	0.00028	2.44691

TABLA 46. Varianza y media de resultados de compresión de pilas de adobe convencional y pilas de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Media	Varianza
Resistencia a la compresión de pilas de adobe convencional	6.65	0.23936
Resistencia a la compresión de pilas de adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	9.26	0.23769

La incorporación de la dosificación óptima transfiere una mejora real del 39.25% en la capacidad de carga vertical a nivel de componentes de albañilería (pilas). Además, las varianzas casi idénticas entre ambos grupos (0.239) frente a (0.238) demuestran que el adobe mejorado mantiene una homogeneidad estructural idónea y controlada para su aplicación constructiva.

FIGURA 10. Análisis de resultados del ensayo de compresión de pilas.

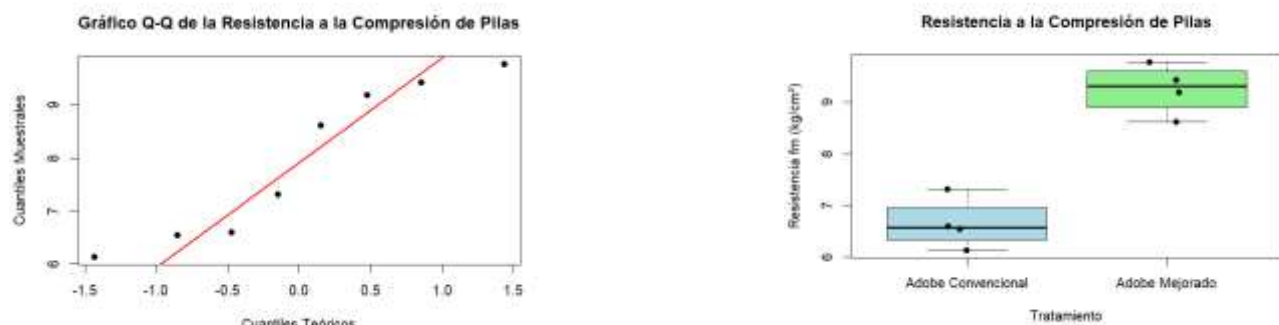


TABLA 47. Prueba de normalidad de pilas convencional y óptimo.

Grupo_Evaluado	Estadístico_W	P_valor	Evaluacion
Adobe Convencional	0.9354	0.6265	Normal
Adobe 5% Totora + 16% Mucilago	0.8375	0.1881	Normal

TABLA 48. Prueba de homogeneidad de pilas convencional y óptimo.

Grupo_Evaluado	Varianza	K_squared	P_valor	Homogeneidad
Adobe Convencional	0.2402	1.2809	0.2577	Homogeneo
Adobe 5% Totora + 16% Mucilago	1.0454	1.2809	0.2577	Homogeneo

El análisis estadístico para el ensayo de compresión de pilas revela que la adición de fibras genera una mejora altamente significativa en la resistencia mecánica del material. La prueba T de Student (Tabla 45) confirma una diferencia estadísticamente válida ($t = -7.55252$; $p = 0.00028 < 0.05$) entre ambos grupos, donde el Adobe Mejorado (5% Totora + 16% Mucílago) alcanza un promedio de resistencia notablemente superior (9.25 kg/cm²) en comparación con el Adobe Convencional (6.65 kg/cm²), tal como se aprecia de forma clara en el gráfico de cajas de la Figura 8. Adicionalmente, las pruebas de diagnóstico validan la robustez metodológica del experimento, dado que la Tabla 46 demuestra el cumplimiento estricto del supuesto de normalidad en la distribución de los datos de ambos grupos ($p > 0.05$) y la Tabla 47 corrobora la homogeneidad de varianzas ($p = 0.2577$), consolidando al adobe adicionado como una alternativa estructuralmente más eficiente y técnicamente confiable.

Ensayo de Muretes

TABLA 49. Prueba T de Student: Resistencia a la compresión diagonal en muretes (vm) de adobe convencional y muretes de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Var. Agrupada	T	p-valor	F
Resistencia a la compresión de muretes de adobe convencional y muretes con adobes adicionados 5% de totora + 16% de mucílago	0.001626	-4.63851	0.003546	2.446912

TABLA 50. Varianza y media de resultados de Resistencia a la compresión diagonal en muretes (vm) de adobe convencional y muretes de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago.

	Media	Varianza
Resistencia a la compresión de muretes de adobe convencional	0.33	0.002115
Resistencia a la compresión de muretes de adobes con 5% de totora + 16% de mucílago	0.46	0.001136

La incorporación de la dosificación óptima lignocelulósica incrementa de manera real y estadísticamente válida la resistencia a la compresión diagonal en muretes (vm) en un 40.7% frente al testigo convencional. Esto confirma que la combinación micro-reforzante de la totora y el efecto ligante del nopal mejoran sustancialmente la tenacidad de la albañilería ante esfuerzos cortantes, factor crítico para la seguridad sísmica en zonas altoandinas.

FIGURA 11. Análisis de resultados del ensayo de compresión de muretes.

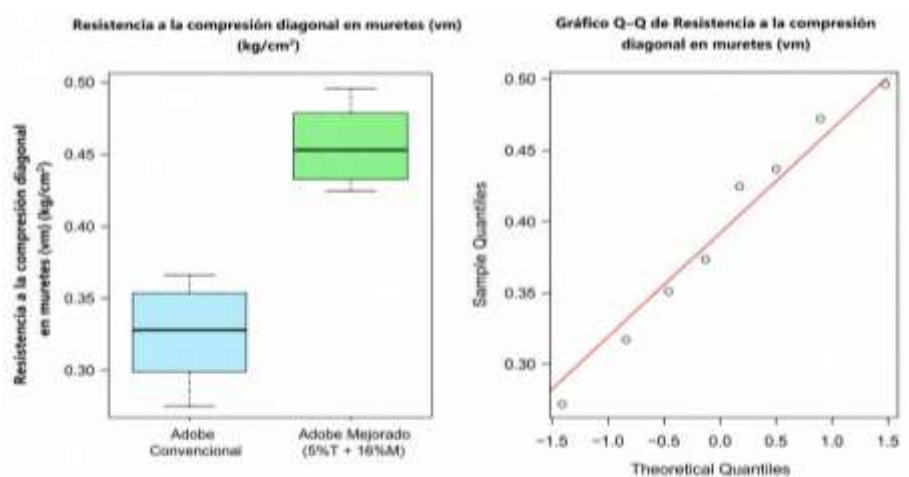


TABLA 51. Prueba de normalidad de muretes convencional y óptimo.

Grupo_Evaluado	Estadistico_W	P_valor	Evaluacion	Condicion
Adobe Convencional	0.9502	0.7172	Normal	Resistencia de Muretes
Adobe 5% Totora + 16% Mucílago	0.9190	0.5314	Normal	Resistencia de Muretes

TABLA 52. Prueba de homogeneidad de muretes convencional y óptimo.

Grupo_Evaluado	Varianza	Estadistico_K2	P_valor	Evaluacion	Condicion
Adobe Convencional	0.0021	0.2444	0.621	Homogeneo	Resistencia de Muretes
Adobe 5% Totora + 16% Mucílago	0.0011	0.2444	0.621	Homogeneo	Resistencia de Muretes

El análisis estadístico para el ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes (vm) demuestra que la incorporación de aditivos incrementa de forma estadísticamente significativa la resistencia mecánica de la albañilería. La prueba T de Student (Tabla 48) valida esta mejora ($T = -4.63851$; $p = 0.003546 < 0.05$), evidenciando que el Adobe Mejorado (5%T + 16%M) alcanza un valor medio de resistencia superior (0.4573

kg/cm²) frente al Adobe Convencional (0.3250 kg/cm²), comportamiento respaldado visualmente por el desplazamiento de las medianas en el gráfico de cajas y la alineación lineal del gráfico Q-Q de la Figura 9. Asimismo, la validez metodológica del ensayo queda plenamente confirmada mediante las pruebas de supuestos, donde la Tabla 50 demuestra que ambos grupos de datos siguen una distribución normal al reportar valores de significancia mayores a ($\alpha = 0.05$; $p = 0.7172$ y $p = 0.5314$), respectivamente y la Tabla 51 corrobora la homogeneidad de varianzas ($p = 0.621$), consolidando al material modificado como una alternativa estructuralmente más competente ante esfuerzos de corte en la edificación altoandina.

5. DISCUSION

Los resultados obtenidos demostraron que la incorporación combinada de 5% de fibra de totora y 16% de mucílago de nopal optimiza significativamente las propiedades mecánicas del bloque de adobe, alcanzando una resistencia a la compresión unitaria promedio de 12.28 kg/cm². Este valor representa un incremento crítico respecto al adobe convencional (9.21 kg/cm²) y, fundamentalmente, logra superar el umbral mínimo de diseño de 10.2 kg/cm² exigido por la Norma Técnica E.080 "Adobe" del Reglamento Nacional de Edificaciones. Se reconoce que la resistencia media obtenida para el bloque optimizado (12.28 kg/cm²) está influenciada por el factor de forma asociado al empleo de especímenes cúbicos de 10 × 10 × 10 cm. La relación altura/ancho igual a uno favorece que las platinas de la prensa hidráulica ejerzan una presión de contacto que, por efecto de la fricción en las superficies de apoyo, restringe parcialmente la deformación lateral del espécimen, incrementando la resistencia aparente a la compresión. Este comportamiento es consistente con los principios mecánicos descritos para materiales de tierra reforzados, donde la geometría del espécimen y las condiciones de aplicación de la carga influyen en la distribución de esfuerzos y en la respuesta resistente del material [4]. En la presente investigación, el empleo de cubos respondió a un criterio metodológico orientado a garantizar uniformidad geométrica y comparabilidad entre tratamientos. En consecuencia, aunque el factor de forma puede influir en los valores absolutos de resistencia, este efecto fue el mismo para todas las probetas, por lo que el incremento del 29.2% observado en el adobe reforzado puede atribuirse a la incorporación de fibra de totora y mucílago de nopal y no a diferencias en la configuración del ensayo.

Este fenómeno de mejora encuentra sustento en la acción sinérgica de ambos aditivos. Por un lado, el análisis estadístico (ANOVA) confirmó diferencias significativas ($p < 0.05$), destacando que el mucílago contribuye de manera decisiva a mejorar la cohesión interna del material, actuando como un aglomerante natural. Al respecto, se corrobora lo reportado por [7], quienes evidencian que este biopolímero reduce la formación de fisuras debido a la interacción de sus polisacáridos con la matriz arcillosa. Por otro lado, la dosificación de fibra de totora al 5% actúa como un refuerzo microestructural. La fibra vegetal actúa como puente de transferencia de esfuerzos, retrasando la fisuración y absorbiendo las tensiones traccionales internas, lo cual se alinea con las investigaciones de [4] sobre la interacción fibra-suelo en construcciones de tierra.

No obstante, se evidenció que dosificaciones de fibra superiores al 5% (10% a 20%) provocan un decaimiento drástico en la resistencia mecánica, llegando a mínimos de 6.01 kg/cm² con el 20% de totora. Este comportamiento adverso concuerda con lo sustentado por [6], quienes señalan que proporciones elevadas de refuerzo vegetal alteran la homogeneidad de la mezcla, incrementando los vacíos atrapados y reduciendo la superficie de contacto efectiva dentro de la matriz mineral del suelo arcilloso.

El incremento del 83.03% en el módulo de ruptura a flexión del bloque mejorado (8.45 kg/cm²) frente al convencional (4.60 kg/cm²) convalida el aporte estructural de la dosificación. Este comportamiento guarda consistencia con [10], quienes reportaron que la fibra de totora actúa como un elemento de amarre microscópico que absorbe las tensiones de tracción interna e impide la rotura frágil del bloque. Asimismo, la ganancia de tenacidad es congruente con [1], validando que los biopolímeros naturales densifican el esqueleto arcilloso y mejoran la transferencia de carga hacia los filamentos orgánicos gracias a una óptima interacción friccional en la interfaz suelo-fibra, tal como lo establecen [4].

La reducción del 27.56% en la profundidad de socavación superficial (8.29 mm del bloque mejorado frente a 11.45 mm del convencional) demuestra la eficacia del tratamiento contra el intemperismo húmedo. Mientras que el adobe base sufre un deslavado masivo por la pérdida de cohesión descrita por [8], el compuesto óptimo cumple la condición de aptitud (≤ 10 mm). Esta mejora es consistente con [1], confirmando que los polisacáridos del biopolímero forman

una película hidrofóbica que sella los poros de la arcilla. Este sellado, en concordancia con [3], restringe la penetración del agua, previniendo el ablandamiento de la matriz y el desprendimiento de la fibra de totora ante precipitaciones severas.

A escala estructural, la evaluación de pilas y muretes validó que la combinación optimizada aporta ductilidad y cohesión. El ensayo de resistencia a la compresión en pilas reveló un incremento del 39.25% en la muestra mejorada (9.26 kg/cm² frente a 6.65 kg/cm² de la convencional). Mediante la prueba t de Student se confirmó, con un nivel de confianza superior al 99% ($p = 0.006$), que este incremento es estadísticamente significativo y no producto del azar. Asimismo, el ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes mostró un aumento del 40.7%, pasando de 0.33 kg/cm² a 0.46 kg/cm², valor que supera ampliamente el esfuerzo mínimo de 0.25 kg/cm² exigido por la normativa peruana. Estos hallazgos validan las posturas de [2] y [3], quienes sostienen que la inclusión controlada de fibras naturales mejora el comportamiento bajo esfuerzos estructurales y optimiza la respuesta del material ante cargas laterales o de corte. La unidad individual en un incremento de 29.2%, el mayor incremento de resistencia obtenido en las pilas y muretes, en comparación con las unidades individuales de adobe, indica que el efecto del refuerzo es más evidente cuando el material trabaja como un sistema de albañilería. En estas condiciones, la interacción entre las unidades, las juntas y la distribución de esfuerzos permite que las fibras de totora contribuyan al control de la fisuración, mientras que el mucílago de nopal mejora la cohesión de la matriz del suelo y la adherencia entre los elementos. Como resultado, la transferencia de cargas es más eficiente y el comportamiento estructural global supera al observado en los bloques ensayados de manera aislada, justificando los mayores incrementos registrados en pilas y muretes.

En cuanto a las propiedades físicas y de durabilidad, el adobe mejorado logró una reducción del 29.6% en la absorción de agua (disminuyendo de 11.55% a 8.12%), así como una mitigación notable en la succión (bajando de 12.94g/200cm².min a 9g/200cm².min). Este comportamiento es de vital relevancia para el contexto climático de Acora, Puno. Si bien [5] advierten que la incorporación de agregados vegetales higroscópicos suele incrementar la absorción de agua y comprometer la durabilidad, en esta investigación dicho efecto fue contrarrestado de manera efectiva por las propiedades del mucílago de nopal. Al secarse, este biopolímero actúa como un sellador hidrofóbico natural, taponando la red de capilares interconectados e impidiendo la penetración rápida de la humedad externa.

A nivel físico, el peso del bloque optimizado (5% de totora + 16% de mucílago de nopal) registró un valor promedio de 12787.5 g frente a los 13075.8 g del adobe convencional. Atendiendo a las observaciones del jurado revisor, se precisa que esta reducción es de apenas un 2.21%. Al evaluar esta variación, se determina que no representa un cambio estructuralmente significativo en la masa inercial de la edificación. Por lo tanto, el verdadero beneficio del compuesto diseñado no radica en alivianar la estructura, sino en el incremento sustancial de su resistencia, tenacidad y durabilidad hídrica, consolidándose como una alternativa técnica, sostenible y económicamente viable para zonas altoandinas con riesgo sísmico.

6. CONCLUSIONES

Se determinó que la dosificación óptima para la estabilización del adobe tradicional de Acora, Puno, corresponde a la adición combinada de 5% de fibra de totora y 16% de mucílago de nopal. Esta formulación permite alcanzar una resistencia a la compresión unitaria promedio de 12.28kg/cm², logrando superar satisfactoriamente el umbral mínimo de diseño de 10.2kg/cm² exigido por la Norma Técnica E.080 "Adobe". Este hallazgo valida técnicamente el uso de biopolímeros y fibras locales como una alternativa ecológica y viable para mejorar la seguridad estructural de las edificaciones de tierra en la región del Altiplano.

La mejora de las propiedades mecánicas a nivel de unidad se transfiere con éxito a la escala estructural, registrándose un incremento del 39.25% en la resistencia a la compresión de pilas y del 40.7% en la resistencia al corte diagonal de muretes en comparación con los especímenes de control convencionales. Estos resultados cuantitativos demuestran que el compuesto optimizado no solo mejora la capacidad de carga vertical, sino que dota al sistema de albañilería de una mayor tenacidad y capacidad de deformación post-agrietamiento, un factor crítico para mitigar el colapso frágil ante eventos sísmicos.

La incorporación de 5 % de fibra de totora y 16 % de mucílago de nopal mejoró de manera significativa la resistencia a la flexión de los bloques de adobe, alcanzándose una resistencia promedio de 8.45 kg/cm², mientras que el adobe

convencional registró un promedio de 4.62 kg/cm², lo que representa un incremento aproximado del 83.03%. Este comportamiento confirma que la combinación de ambos estabilizantes fortalece la cohesión de la matriz arcillosa y favorece una distribución más uniforme de los esfuerzos de tracción generados durante el ensayo, retardando la formación y propagación de fisuras. Asimismo, Para el ensayo de erosión se trabajó con una presión hidráulica constante de 0.02211 MPa, los bloques convencionales presentaron una profundidad promedio de erosión de 11.45 mm, mientras que los bloques estabilizados alcanzaron un promedio de 8.29 mm, equivalente a una reducción aproximada del 27.56 % en la pérdida de material. Esta mejora evidencia que el mucílago actúa como un biopolímero natural que incrementa la adherencia entre las partículas finas del suelo y disminuye la permeabilidad de la matriz, mientras que la fibra de totora contribuye a mantener la estabilidad superficial del bloque al limitar el desprendimiento de partículas provocado por el impacto del chorro de agua

La incorporación del mucílago de nopal reduce la vulnerabilidad hídrica del material, logrando una disminución del 29.6% en la absorción de agua y una mejora sustancial en la resistencia a la succión de 30.46%. El análisis de densidad determinó que el peso propio del bloque optimizado se redujo en apenas un 2.21% frente al convencional. Esta variación demuestra que el beneficio real de la totora y el nopal no radica en alivianar significativamente la estructura para reducir las fuerzas inerciales del sismo, sino en impermeabilizar la matriz arcillosa y modificar sus propiedades elásticas y de durabilidad frente al clima extremo.

Los análisis estadísticos aplicados bajo un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ confieren un 95% de nivel de confianza a los resultados experimentales. El Análisis de Varianza (ANOVA) de dos factores ratificó que la interacción entre los porcentajes de totora y mucílago de nopal influye de manera estadísticamente significativa en la resistencia del adobe. Asimismo, la Prueba de Tukey y la Prueba T de Student validaron que los valores óptimos obtenidos no corresponden a dispersiones aleatorias, consolidando el rigor metodológico exigido para la réplica de este modelo de ingeniería sostenible.

7. REFERENCIAS

- [1] Muñoz Pérez, S. P., Rubio Guevara, J., Ruiz Perales, J. F., García Chumacero, J. M., Sánchez Díaz, E., Heredia Llatas, F. D., Ramos Brast, C. E., Calderón Coronel, Á. A., & Ruiz Perales, M. A. (2024). Influencia de la goma de tuna en las propiedades físicas y mecánicas del adobe reforzado con fibra de palma. *Engineering and Applied Science Research*, 51(4), 495–504. <https://doi.org/10.14456/easr.2024.46>
- [2] Mohammadi, H., Eslami, A., & Morshed, R. (2022). Evaluación experimental para mejorar las propiedades mecánicas del adobe utilizando fibras de palma. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 54(6), 465–468. <https://doi.org/10.22060/ceej.2021.19652.7222>
- [3] Guo, D., Rajabipour, A., Bazli, M., Kutay, C., Sumanasena, V., & Pham, T. N. P. (2024). Resistencia a la compresión y a la erosión de ladrillos de barro reforzados con fibra de spinifex. *Fibers*, 12(5), Artículo 39. <https://doi.org/10.3390/fib12050039>
- [4] Vincenzini, A., Augarde, C. E., & Gioffrè, M. (2021). Caracterización experimental de la interacción fibra natural–suelo: lecciones para la construcción en tierra. *Materials and Structures*, 54, Artículo 110. <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01703-z>
- [5] Ouarda, I., Ferdous, B., & Karima, G. (2024). Influencia de los agregados de desechos de palmera datilera en las resistencias mecánicas y el comportamiento higroscópico de los compuestos a base de tierra. *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, 34(1), 33–41. <https://doi.org/10.18280/rcma.340105>
- [6] Ba, L., El Abbassi, I., Ngo, T.-T., Pliya, P., Kane, C. S. E., Darcherif, A.-M., & Ndongo, M. (2021). Investigación experimental de las propiedades térmicas y mecánicas de la arcilla reforzada con *Typha australis*: influencia de la longitud y el porcentaje de fibras. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 2723–2737. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01193-0>

- [7] Abdelkader, F., Rabehi, M., Kezrane, C., & Adda Hanifi, M. A. (2024). Mejora del comportamiento mecánico y térmico de un bloque de tierra comprimida mediante fibras. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 28(6), 702–709. <https://doi.org/10.31272/jeasd.28.6.2>
- [8] Martínez, A. (2021). Evaluación morfológica de la degradación superficial y propiedades mecánicas de bloques de tierra comprimida (CEB). *Civil Engineering and Architecture*, 9(4), 992–998. <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090403>
- [9] Aza-Medina, L. C., Palumbo, M., Lacasta, A. M., & González-Lezcano, R. A. (2023). Caracterización del comportamiento térmico, la resistencia mecánica y la reacción al fuego de paneles de totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) Sojak) y su potencial uso como material de construcción sostenible. *Journal of Building Engineering*, 69, Artículo 105984. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.105984>
- [10] Torres Guevara, J. E., & Torres Pedraza, C. N. (2024). *Caracterización mecánica del adobe incorporando fibra de cabuya y totora (Furcraea andina – Schoenoplectus californicus)* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/12718>

8. ANEXOS

8.1. Evidencia de sumisión del artículo y proceso de revisión

5/8/26, 10:28

Gmail - [MC] Acknowledgement of receipt of submission of your manuscript to the journal Materiales de Construcción 4613



jhon mateus quispe quispe <jhonmateusq@gmail.com>

[MC] Acknowledgement of receipt of submission of your manuscript to the journal Materiales de Construcción 4613

2 mensajes

Mar Alonso López via Materiales de la Construcción

<administrador.revistas@csic.es>

Responder a: Mar Alonso López <materconstrucc@ietcc.csic.es>

Para: Mateus <jhonmateusq@gmail.com>

4 de agosto de 2026 a las

10:45 p.m.

Hello,

Rocio Mamani has submitted the manuscript, "**Structural evaluation of adobe reinforced with totora fibers and nopal mucilage in high-Andean zones.**" to Materiales de Construcción.

The assigned reference is **4613**.

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Mar Alonso López

Eduardo Torroja Institute for Construction Sciences (IETCC-CSIC)

Editor-In-Chief of "Materiales de Construcción" Journal (JCR- 2022; I.F.: 2.100)

<https://materconstrucc.revistas.csic.es>

<https://www.ietcc.csic.es>

Follow us in Twitter at @MaterialesdeCo3

jhon mateus quispe quispe <jhonmateusq@gmail.com>

Borrador para: Mar Alonso López <materconstrucc@ietcc.csic.es>

5 de agosto de 2026 a las 6:55 a.m.

Thank you very much.

[Texto citado oculto]



INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA

Materiales de Construcción

Madrid, 6 august 2026

Ms. Maria del Mar Alonso López, as Editor in Chief of the journal "**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**" **HEREBY STATES** that:

The article "Structural evaluation of adobe reinforced with totora fibers and nopal mucilage in high-Andean zones" with reference 4613, is under reviewing process

The authors of the article are J. Quispe and R. Mamani.

Maria del Mar Alonso López
Editor in Chief of **MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

ALONSO
LOPEZ
M.MAR - DNI
02872180D

Formado digitalmente por ALONSO LOPEZ
MAMANI - DNI 02872180D
Número de reconocimiento (RN) = ES.
a=CONSEJO SUPERIOR DE
INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
es=CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
CONSTRUCCIÓN PÚBLICA es=INSTITUTO DE
CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO
TORROJA es=02872180D
sentARNumber=02872180D
es=ALONSO LOPEZ, gisela Maria del MAR
es=ALONSO LOPEZ MAMANI - GMA
02872180D
Fecha: 2026.08.06 13:29:16 +02:00

SERRANO GALVACHE, 4
28033 MADRID ESPAÑA
TEL.: +34 91 302 04 40
FAX: +34 91 302 07 00

8.2. Copia de la Resolución de la inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el CF/CEP correspondiente.



"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

RESOLUCIÓN N° 0371-2025/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 08 de julio de 2025

VISTO:

El expediente de **Rocio Milagros Mamani Mamani**, identificado(a) con Código Universitario N° 202014067 y **Jhon Mateus Quispe Quispe** identificado(a) con Código Universitario N° 202014089, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Rocio Milagros Mamani Mamani** y **Jhon Mateus Quispe Quispe**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 08 de julio de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Mg. Herson Duberly Pari Cusi** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por el: **MSc. Ecler Mamani Chambi** y el **Mg. Arnaldo Cahul Galarza**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo



Lic. Gina Marita Tito Tolentino
SECRETARIA ACADÉMICA

8.3. Imágenes del Proceso de Ejecución.



Figura 12 obtención de la fibra de totora



Figura 13 obtención del mucilago de nopal



Figura 14 proceso de mezclado



Figura 15 proceso de mezclado para cubos de 10x10cm



Figura 16 secado de muestras de adobe convencional y mejorado



Figura 17 secado de cubos para el ensayo de resistencia a compresión



Figura 18 ensayo de flexión



Figura 19 ensayo de erosión



Figura 20 ensayo de muretes



Figura 21 ensayo de absorción



Figura 22 ensayo de compresión de cubos



Figura 23 ensayo de succión

8.4. Certificados de ensayos en laboratorio.

 UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS																																																																																																													
TÍTULO DE TESIS	: "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de tatora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"																																																																																																												
TESTISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y bach. Jhon Mateus Quispe Quispe																																																																																																												
Procedencia de muestra	: Parcialidad Alaycata, Centro Poblado Crucero - Distrito de Acora - Departamento de Puno																																																																																																												
Fecha de ejec. Ensayo	: 10/09/2025																																																																																																												
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NORMA ASTM - D 422																																																																																																													
Nro de Muestra	: M-03																																																																																																												
Descripción de la muestra	: Suelo fino natural color rojizo																																																																																																												
Estado de la Muestra	: Alterada																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES ASTM</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>Peso Retenido (gr)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Retenido Acumulado</th> <th>% que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.05</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.7</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.35</td><td>0.84</td><td>0.34</td><td>0.34</td><td>99.7</td></tr> <tr><td>No4</td><td>4.76</td><td>0.13</td><td>0.05</td><td>0.39</td><td>99.6</td></tr> <tr><td>No10</td><td>2.00</td><td>7.14</td><td>2.86</td><td>3.24</td><td>96.8</td></tr> <tr><td>No20</td><td>0.84</td><td>8.50</td><td>3.40</td><td>6.64</td><td>93.4</td></tr> <tr><td>No40</td><td>0.42</td><td>9.46</td><td>3.78</td><td>10.43</td><td>89.6</td></tr> <tr><td>No50</td><td>0.18</td><td>4.21</td><td>1.68</td><td>12.11</td><td>87.9</td></tr> <tr><td>No100</td><td>0.15</td><td>29.17</td><td>11.67</td><td>23.78</td><td>76.2</td></tr> <tr><td>No200</td><td>0.07</td><td>44.23</td><td>17.69</td><td>41.47</td><td>58.5</td></tr> <tr><td>BASE</td><td></td><td>146.32</td><td>58.53</td><td>100.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>TOTAL</td><td></td><td>250.00</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.0	2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.0	1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.0	1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.0	3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.0	1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.0	3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.0	1/4"	6.35	0.84	0.34	0.34	99.7	No4	4.76	0.13	0.05	0.39	99.6	No10	2.00	7.14	2.86	3.24	96.8	No20	0.84	8.50	3.40	6.64	93.4	No40	0.42	9.46	3.78	10.43	89.6	No50	0.18	4.21	1.68	12.11	87.9	No100	0.15	29.17	11.67	23.78	76.2	No200	0.07	44.23	17.69	41.47	58.5	BASE		146.32	58.53	100.00	0.00	TOTAL		250.00			
TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa																																																																																																								
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.0																																																																																																								
1/4"	6.35	0.84	0.34	0.34	99.7																																																																																																								
No4	4.76	0.13	0.05	0.39	99.6																																																																																																								
No10	2.00	7.14	2.86	3.24	96.8																																																																																																								
No20	0.84	8.50	3.40	6.64	93.4																																																																																																								
No40	0.42	9.46	3.78	10.43	89.6																																																																																																								
No50	0.18	4.21	1.68	12.11	87.9																																																																																																								
No100	0.15	29.17	11.67	23.78	76.2																																																																																																								
No200	0.07	44.23	17.69	41.47	58.5																																																																																																								
BASE		146.32	58.53	100.00	0.00																																																																																																								
TOTAL		250.00																																																																																																											
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Peso Inicial : 250.0 gr. Peso Lavado : 103.7 gr. Peso Perdido : 146.3 gr.																																																																																																													
CARACT. GRANULOMETRICAS D10 = NP D30 = NP D60 = 0.08 CU = NP CC = NP																																																																																																													



*Las muestras fueron extraídas y puestas en laboratorio por los leistas, debidamente etiquetadas y acompañadas de sus respectivas descripciones

**Los ensayos fueron realizados por los leistas, siguiendo los procedimientos establecidos en el laboratorio. Los resultados han sido procesados para su correspondiente certificación

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 EP. INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Yesenia Apaza Pinto
 JEFE DE LABORATORIO DE
 MECÁNICA DE SUELOS





UNIVERSIDAD PERUNA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TÍTULO DE TESIS	: "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"
TESISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
Procedencia de muestra	: Acora - Puno
Fecha de ejec. De ensayo	: 03/09/2025

ENSAYO:

CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E-108

Nro de Muestra	: M-01
Descripción de la muestra	: Suelo natural
Metodo de secado	: Horno T°110±5°C

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			
DATOS	PRUEBA 01	PRUEBA 02	PRUEBA 03
N° de tara	T-003	T-028	T-058
Peso de tara (gr)	8.62	8.05	8.37
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	28.85	29.57	29.55
Peso de suelo húmedo (gr)	20.23	21.52	21.18
Peso de tara + suelo seco (gr)	27.27	28.02	28.32
Peso de suelo seco (gr)	18.65	19.97	19.95
Peso del agua (gr)	1.58	1.55	1.23
Contenido de humedad parcial (%)	8.47%	7.76%	6.17%
Contenido de humedad final (%)	8.12%		

*Las muestras fueron extraídas y puestas en laboratorio por los tesistas, debidamente etiquetadas y acompañadas de sus respectivas descripciones.

**Los ensayos fueron realizados por los tesistas, siguiendo los procedimientos establecidos en el laboratorio. Los resultados han sido procesados para su correspondiente certificación.

UNIVERSIDAD PERUNA UNIÓN
E.P. INGENIERÍA CIVIL

Ing. Yoserja Apaza Pinto
JEFE DE LABORATORIO DE
MECÁNICA DE SUELOS



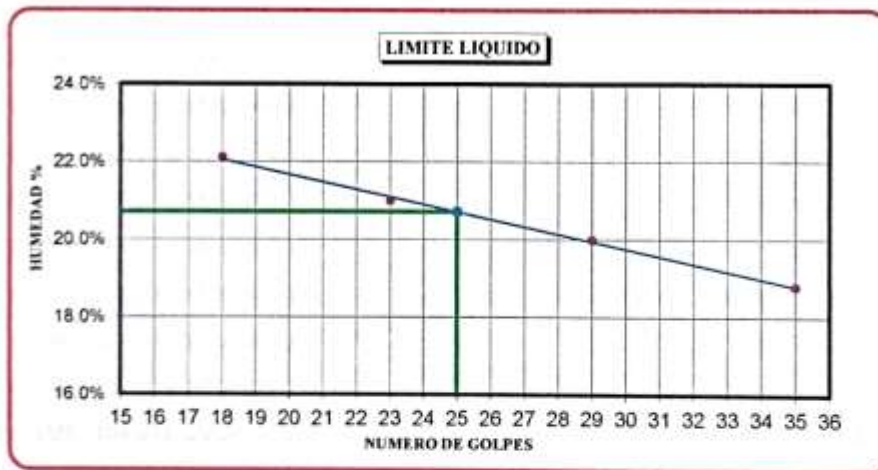


UNIVERSIDAD PERUNA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TÍTULO DE TESIS	: "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibra de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"
TESISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
Procedencia de muestra	: Parcialidad Alaycata, Centro Poblado Crucero - Distrito de Acora - Departamento de Puno
RESP. LABORATORIO	: 28/04/2026

ENSAYO:	Nro de Muestra : M-01
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO	Clasificación SUCS : CL
NORMA ASTM - D 4318	Clasificación AASHTO : A-4(3)
	Estado de la Muestra : Alterada

DESCRIPCION	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
Nro de ensayo	01	02	03	04	01	02
Numero de Capsula	T-021	NT-021	NT-021	NT-062	T-520	T-516
Peso de Capsula + Suelo Humedo (gr)	33.89	29.89	30.63	34.67	9.51	9.54
Peso de Capsula + Suelo Seco (gr)	30.71	27.07	27.99	31.71	9.25	9.26
Peso del Agua (gr)	3.18	2.82	2.64	2.96	0.26	0.28
Peso de Capsula (gr)	16.33	13.64	14.78	15.96	7.19	7.20
Peso de Suelo Seco (gr)	14.38	13.43	13.21	15.75	2.06	2.06
Contenido de Humedad (%)	22.11%	21.00%	19.98%	18.79%	12.62%	13.59%
Numero de Golpes	18	23	29	35	13.11%	



Limite Liquido : 20.71% Limite Plastico : 13.11% Indice de Plasticidad : 7.61%

*Las muestras fueron extraídas y puestas en laboratorio por los teístas, debidamente etiquetadas y acompañadas de sus respectivos datos.
 **Los ensayos fueron realizados por los teístas, siguiendo los procedimientos establecidos en el laboratorio. Los resultados han sido procesados para su correspondiente certificación

Ing. Yezenia Apaza Pinto
 JEFE DE LABORATORIO DE
 MECÁNICA DE SUELOS





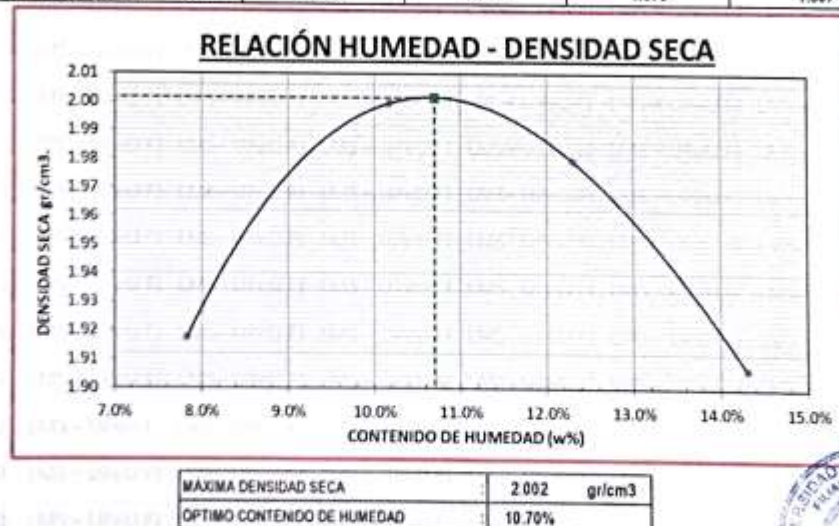
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE TESIS	"Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"
TESISTAS	Bach. Rocío Milagros Mamani Mamani y bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
Procedencia de muestra	Parcialidad Alaycata, Centro Poblado Crucero - Distrito de Acora - Departamento de Puno
Descripción de muestra	Suelo natural
Fecha de ejec. de ensayo	05/09/2025

ENSAYO:		Nro de Muestra	M-01
COMPACTACIÓN DE SUELOS		Descripción de muestra	Alterada
		Método de Compactación	Método "A"
		Nro de capas	05 capas
		Material utilizado	Pasante el tamiz N°4*
NTP 339.142, MTC E 116			Proctor Modificado

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE DENSIDAD			
Volumen del Molde	cm ³	931.18	931.18	931.18
Peso del Molde	gr	4364.00	4364.00	4364.00
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	6289.50	6415.50	6434.00
Peso del Suelo Humedo	gr	1925.50	2051.50	2070.00
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.07	2.20	2.22

DESCRIPCIÓN	CONTROL DE HUMEDAD							
Capsula No	No	T-055	T-060	T-068	T-259	T-655	T-731	T-607
Suelo Humedo + Capsula	gr	50.79	58.42	54.11	39.07	53.25	53.10	50.49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	48.11	56.79	50.36	36.66	48.95	49.02	45.95
Peso del Agua	gr	2.68	2.63	3.75	2.41	4.30	4.08	4.54
Peso de la Capsula	gr	13.89	13.94	13.56	12.94	15.08	14.77	15.18
Peso del Suelo Seco	gr	34.22	42.85	36.80	23.72	33.87	34.25	30.77
% de Humedad	%	7.83%	6.14%	10.19%	10.16%	12.70%	11.91%	14.75%
Promedio de Humedad	%	7.83%		10.18%		12.30%		14.31%
Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.918		2.000		1.979		1.907



*Las muestras fueron extraídas y puestas en laboratorio por los testistas, debidamente etiquetadas y acompañadas de sus respectivas descripciones.

**Los ensayos fueron realizados por los testistas, siguiendo los procedimientos establecidos en el laboratorio. Los resultados han sido procesados para su correspondiente certificación.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 E.P. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]
 ING. YOSER J. VILLALBA
 JEFE DE LABORATORIO DE
 MECÁNICA DE SUELOS





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES



NOMBRE DEL PROYECTO

Evaluación estructural de adobe reforzado con fibra de totora y mullado de nopal en zonas altoandinas.

SOLICITANTE

Rocio Mlagroa Mamani Mamani - Jhon Mateus Quispe Quispe

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Ing. Heison Duberly Pati Cusi

PERSONAL DEL LABORATORIO

Bach. Yneson Salas Pampa

Fecha de ejecución de ensayo: 15/05/2026

ENSAYO DE COMPRESION DE CURSOS DE ADOBE												
E-000												
ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA (cm2)	LECTURA (kgf)	MODULO DE RUPTURA	RESISTENCIA DISEÑO	RESISTENCIA PORCENTAJE
1	Bloque N001- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.5	10.0	9.5	94.8	777.0	8.2	10.2	80.39%
2	Bloque N002- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.0	9.0	9.0	83.5	759.4	9.1	10.2	89.22%
3	Bloque N003- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.5	9.0	9.0	85.0	714.1	8.4	10.2	82.35%
4	Bloque N004- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.0	8.8	9.0	79.2	633.8	8.0	10.2	78.43%
5	Bloque N005- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.0	8.5	9.0	79.6	780.0	9.8	10.2	96.08%
6	Bloque N006- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.7	9.0	89.2	1061.8	11.9	10.2	116.67%
7	Bloque N007- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.3	9.0	8.7	81.3	740.0	9.1	10.2	89.22%
8	Bloque N008- PATRON	29/09/2025	27/10/2025	28	9.4	8.5	9.0	80.3	738.5	9.2	10.2	90.20%
9	Prob. N001-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.9	9.3	10.0	92.0	800.0	8.7	10.2	85.29%
10	Prob. N002-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.5	9.6	87.8	675.9	7.7	10.2	75.49%
11	Prob. N003-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.0	9.5	9.3	85.4	743.3	8.7	10.2	85.29%
12	Prob. N004-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.5	9.3	9.8	87.8	675.9	7.7	10.2	75.49%
13	Prob. N005-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.4	9.2	86.7	780.0	9.0	10.2	88.24%
14	Prob. N006-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.5	9.3	87.7	745.7	8.5	10.2	83.33%
15	Prob. N007-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.1	9.4	83.9	864.1	10.3	10.2	100.98%
16	Prob. N008-TO(5%) MU(12%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.4	9.1	9.0	85.9	850.7	9.9	10.2	97.06%
17	Prob. N001-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.1	10.0	85.0	714.1	8.4	10.2	82.35%
18	Prob. N002-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.3	9.0	10.0	82.4	741.8	9.0	10.2	88.24%
19	Prob. N003-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	10.0	9.1	9.4	90.8	944.0	10.4	10.2	101.96%
20	Prob. N004-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.1	9.0	10.0	82.4	675.6	8.2	10.2	80.39%
21	Prob. N005-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.1	9.2	10.0	84.0	856.6	10.2	10.2	100.00%
22	Prob. N006-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.0	9.1	10.0	81.6	775.2	9.5	10.2	93.14%
23	Prob. N007-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.5	9.0	9.2	83.9	864.1	10.3	10.2	100.98%
24	Prob. N008-TO(5%) MU(14%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.5	10.0	85.9	713.1	8.3	10.2	81.37%
25	Prob. N001-TO(5%) MU(16%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.0	9.2	10.0	82.9	945.2	11.4	10.2	111.76%
26	Prob. N002-TO(5%) MU(16%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.4	9.2	10.0	86.3	949.4	11.0	10.2	107.84%
27	Prob. N003-TO(5%) MU(16%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.1	9.7	83.7	1038.3	12.4	10.2	121.57%
28	Prob. N004-TO(5%) MU(16%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.5	9.5	9.5	90.2	1073.2	11.9	10.2	116.67%
29	Prob. N005-TO(5%) MU(16%)	29/09/2025	27/10/2025	28	9.2	9.4	9.5	86.6	1038.6	12.0	10.2	117.65%



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TÍTULO DE TESIS	: "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibra de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"
TESISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y Bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
LUGAR DE MUESTREO	: Parcialidad de Alaycata - Distrito de Acora - Departamento de Puno
Descripción de espécimen	: Adobe convencional
Fecha de ejec. De ensayo	: 27/11/2025

ENSAYO:

ABSORCIÓN EN ADOBES

NTP 399.613:2005

N° espécimen	Tiempo de saturación	Peso seco del espécimen (gr)	Peso del espécimen saturado después de la sumersión (gr)	Absorción (%)
01	24 horas	12465.00	13895.00	11.47%
02	24 horas	13040.00	14555.00	11.62%
03	24 horas	12610.00	14085.00	11.70%
04	24 horas	12490.00	13945.00	11.65%
05	24 horas	12185.00	13575.00	11.41%
06	24 horas	12735.00	14195.00	11.46%

*Los especímenes fueron elaborados y puestos en laboratorio por los testistas, con sus respectivas descripciones

**Los resultados consignados en el presente certificado se basan en los datos obtenidos durante la ejecución de ensayos realizados por los

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
EP. INGENIERÍA CIVIL

Juan Yescas
Jefe del Laboratorio de
MECÁNICA DE SUELOS





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TÍTULO DE TESIS	: "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibra de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"
TESISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y Bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
LUGAR DE MUESTREO	: Parcialidad de Alaycata - Distrito de Acora - Departamento de Puno
Descripción de especimen	: Adobe con 5% totora + 16% de Mucilago
Fecha de ejec. De ensayo	: 27/11/2025

ENSAYO:

ABSORCIÓN EN ADOBES

NTP 399.613-2005

N° especimen	Tiempo de saturación	Peso seco del especimen (gr)	Peso del especimen saturado despues de la sumersión (gr)	Absorción (%)
01	24 horas	13160.00	14195.00	7.86%
02	24 horas	12450.00	13465.00	8.15%
03	24 horas	13140.00	14225.00	8.26%
04	24 horas	12620.00	13655.00	8.20%
05	24 horas	12920.00	13990.00	8.28%
06	24 horas	12400.00	13395.00	8.02%

*Los especimenes fueron elaborados y puestas en laboratorio por los testistas, con sus respectivas descripciones

**Los resultados consignados en el presente certificado se basan en los datos obtenidos durante la ejecución de ensayos realizados por los testistas.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 ESC. INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Yessenia Apaza Pardo
 JEFE DE LABORATORIO DE
 MECÁNICA DE SUELOS





UNIVERSIDAD PERUNA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TÍTULO DE TESIS	: "Evaluación estructural de adobe reforzado con fibra de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas"
TESISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y Bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
LUGAR DE MUESTREO	: Parcialidad de Alaycata - Distrito de Acora - Departamento de Puno
Descripción de especimen	: Adobe convencional
Fecha de ejec. De ensayo	: 24/11/2025

ENSAYO:

SUCCIÓN EN ADOBES

NTP 399.613:2005

Procedimiento de secado : Secado al aire por 28 días

Periodo de contacto con el agua : 1min

N° especimen	Peso seco de especimen (gr.)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Peso especimen con agua succionada (gr)	Peso de agua succionada (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)
01	13110	39.00	19.00	741.00	13160	50.00	13.50
02	12920	39.00	19.00	741.00	12965	45.00	12.15
03	13010	39.00	19.00	741.00	13055	45.00	12.15
04	13080	39.00	19.00	741.00	13130	50.00	13.50
05	13030	39.00	19.00	741.00	13080	50.00	13.50
06	13020	39.00	19.00	741.00	13065	45.00	12.15

*Se verificó que las dimensiones de los adobes (largo y ancho) fueron asumidas de manera uniforme para todas las muestras, sin considerar las variaciones individuales de cada unidad. Esta consideración fue adoptada bajo responsabilidad de los testistas; por lo que se recomienda tener en cuenta este aspecto al momento de interpretar los resultados del ensayo.

**Los resultados consignados en el presente certificado se basan en los datos obtenidos durante la ejecución de ensayos, realizados por los testistas.

UNIVERSIDAD PERUNA UNIÓN
EP. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Yocelyn Adaza Pinto
JEFE DE LABORATORIO DE
MECÁNICA DE SUELOS





UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TÍTULO DE TESIS	: *Evaluación estructural de adobe reforzado con fibra de totora y mucilago de nopal en zonas altoandinas*
TESISTAS	: Bach. Rocio Milagros Mamani Mamani y Bach. Jhon Mateus Quispe Quispe
LUGAR DE MUESTREO	: Parcialidad de Alaycata - Distrito de Acora - Departamento de Puno
Descripción de especimen	: Adobe con 5% totora + 16% de Mucilago
Fecha de ejec. De ensayo	: 24/11/2025

ENSAYO:

SUCCIÓN EN ADOBES

NTP 399.613.2005

Procedimiento de secado : Secado al aire por 28 días

Periodo de contacto con el agua : 1min

N° especimen	Peso seco de especimen (gr.)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Peso especimen con agua succionada (gr)	Peso de agua succionada (gr)	Succión (gr/min/200cm ²)
01	12870.0	39.00	19.00	741.00	12900.0	30.00	8.10
02	12520.0	39.00	19.00	741.00	12555.0	35.00	9.45
03	12515.0	39.00	19.00	741.00	12550.0	35.00	9.45
04	13010.0	39.00	19.00	741.00	13040.0	30.00	8.10
05	12725.0	39.00	19.00	741.00	12760.0	35.00	9.45
06	12885.0	39.00	19.00	741.00	12920.0	35.00	9.45

*Se verificó que las dimensiones de los adobes (largo y ancho) fueron asumidas de manera uniforme para todas las muestras, sin considerar las variaciones individuales de cada unidad. Esta consideración fue adoptada bajo responsabilidad de los testistas; por lo que se recomienda tener en cuenta este aspecto al momento de interpretar los resultados del ensayo.

**Los resultados consignados en el presente certificado se basan en los datos obtenidos durante la ejecución de ensayos realizados por los testistas.

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
EP. INGENIERÍA CIVIL

Jefe de Laboratorio de
MECÁNICA DE SUELOS

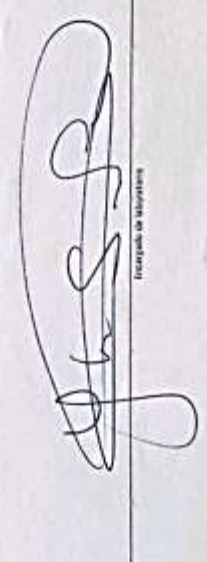


		UNIVERSIDAD PERUANA UNION FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL TIEMPO Y ENSAYOS DE LOS MATERIALES			
NOMBRE DEL PROYECTO		Evaluación de la calidad de la obra de concreto en la obra de la casa de la familia			
SOLICITANTE		Rocio Vargas / Ingeniero Civil			
RESPONSABLE DEL LABORATORIO		Ing. Sergio Rodríguez Perillo			
PERSONA DEL LABORATORIO		Fecha de emisión de ensayo: 06/07/2008			
Ensayos de fricción (Prueba de Agua)					
UNE 41410:2008					
Largo: 15.42 m		Ancho: 0.20 m		Alto: 0.10 m	
DESCRIPCIÓN					
1	Mostrador de concreto	VALOR	UNIDAD		
2	Terminado de concreto	40.000	m ³		
3	Terminado de concreto	0.018	m		
4	Terminado de concreto	0.010	m		
5	Terminado de concreto	0.005	m		
6	Terminado de concreto	1.30	m		
7	Terminado de concreto	27	m		
8	Terminado de concreto	10	m		

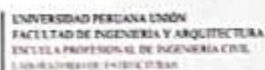
ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MUESTRO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	RESUMEN (mm)	Norma	CLASIFICACIÓN
1	Bata N001 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.5	9 - 10 mm	NO APTO
2	Bata N002 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
3	Bata N003 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
4	Bata N004 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
5	Bata N005 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
6	Bata N006 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
7	Bata N007 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
8	Bata N008 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
9	Bata N009 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
10	Bata N010 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
11	Bata N011 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO
12	Bata N012 - 14/10/08	10/07/2008	10/07/2008	28	11.8	9 - 10 mm	NO APTO

Observación:

- Las muestras fueron extraídas en presencia del solicitante
- Las muestras fueron puestas en laboratorio por el solicitante

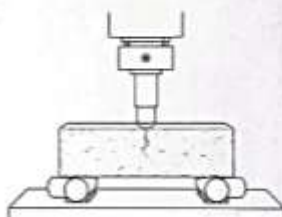


Responsible person



INSTRUMENTAL-28

FINES DE ESTUDIO	Tratamiento estructural de adobe reforzado con fibra de tepalcates y reciclaje de tejas en zonas sismorresistentes		
UBICACIÓN	Parroquia de Alacaca - Distrito de Acra - Departamento de Piura		
SOLICITANTES	Rocco Molinos Mariano Mariano Jhon Maitane Quique Quique		
RESPONSABLE DE LAS ESTADÍSTICAS DEL I.A.R.	Ing. Saul Man Huerta Aguilar Vladimir Solís Ríos		FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENCUESTO 02/07/2019



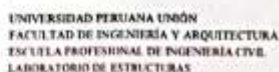
ENSAYO: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ASTM C67	TIPO DE MUESTRA: UNIDAD DE BLOQUE DE ADOBE
--	---

[illegible]

* Las muestras fueron entregadas en el laboratorio por los solicitantes con la respectiva autorización de la Unidad de Laboratorio

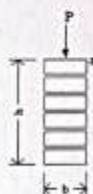
* Les résultats sont exprimés en pourcentage de la seule partie.

SAMUEL NERY HUAYTA AGUILAR
INGENIERO CIVIL
RESPONSABLE DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE EDIFICIOS



N°961/RCDP-26

FINES DE ESTUDIO	"Evaluación estructural de adobe reforzado con fibras de totora y mortero de nopal en zonas sísmicas"		
UBICACIÓN	Carretera Saldaña a Arriaga Km. 6 Chaltanguare, Av. Héroes de la Guerra del Pacífico, Juchitán 21100		
SOLICITANTES	Rocio Mólaguez Mamani Mamani Don Mateos Quiroz Quiroz		
RESPONSABLE DE LAB.	Ing. Saúl Mac Huanza Aguilar		
PERSONAL DE LAB.	Yveson Salas Pantoja		FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO
			29/12/2013



ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PILAS DE ALBAÑILERÍA NTP 339.605, ASTM C 1314 - 00a y E-680	TIPO DE MUESTRA: PILA DE ALBAÑILERÍA
---	---

[illegible]

* Las muestras fueron analizadas en el laboratorio por los solicitantes con la respectiva descripción de la forma de elaboración

SAUL MAX HMYATTA AGUILAR
INGENIERO CIVIL
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ESTRUCTURAS

