

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



**Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería
con bloques de suelo cemento para uso estructural en Juliaca**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Yobany Adolfo Soto Macedo

Asesor:

Mg. Jose Pacori Pacori

Juliaca, setiembre de 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mg. Jose Pacori Pacori, 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 DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA CON BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA USO ESTRUCTURAL EN JULIACA”** del autor **Yobany Adolfo Soto Macedo**, tiene un índice de similitud de 20% 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 11 días del mes de diciembre del año 2025.



Mg. Jose Pacori Pacori

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 29 día(s) del mes de setiembre del año 2015, siendo las 8:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Msc. Ecler Mamani Chumbi el (la) secretario(a): Mtro Leonel Chahuarez Paucar y los demás miembros: Mg Gerardo William Pari Quijpe y el (la) asesor(a) Mg. Jose Pacori Pacori

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Evaluación de las propiedades físicas mecánicas de la albañilería con bloques de suelo cemento para uso estructural en Juliaca

del(los) bachiller(es): a) Johany Adolfo Soto Macedo
 b) _____
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

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

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

Bachiller (a): Johany Adolfo Soto Macedo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

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

 Miembro

 Bachiller (c)

Índice de Contenido

Resumen	7
Lista de abreviaturas:.....	8
1. Introducción.....	8
2. Materiales y Métodos.....	9
2.1. Materiales	9
2.1.1. Cemento Portland tipo IP	9
2.1.2. Suelo	9
2.2. Métodos	11
2.2.1. Enfoque, Nivel y Diseño de Investigación	11
2.2.2. Población y Muestra	11
2.2.3. Variables del estudio y Control.....	12
2.2.4. Preparación de las Mezclas, Fabricación de Bloques y Curado de Bloques.....	12
2.2.5. Ensayos Físico – Mecánicos	12
3. Resultados y Discusión	13
3.1. Ensayos Físico – Mecánicos	13
3.1.1. Variación Dimensional	13
3.1.2. Alabeo.....	14
3.1.3. Absorción	15
3.1.4. Resistencia a la Compresión del Adobe	15
3.1.5. Resistencia a la Compresión en Pilas	16
3.1.6. Resistencia a la Compresión Diagonal en Muretes	17
3.2. Análisis Estadístico	18
3.2.1. Variación dimensional	18
3.2.2. Alabeo.....	18
3.2.3. Absorción	19
3.2.4. Resistencia a la Compresión de la Unidad	20
3.2.5. Resistencia a la Compresión en Pilas	21
3.2.6. Resistencia a la Compresión en Muretes.....	22
3.3. Control de Calidad	23
4. Conclusiones y comentarios.....	23
5. Referencias	24
Anexos.....	26

Índice de Tablas

Tabla 1. Características del Cemento Portland IP	9
Tabla 2. Valores obtenidos del ensayo de límites de plasticidad	10
Tabla 3. Ensayo de Proctor Estándar en diferentes proporciones de cemento	11
Tabla 4. Resultados del ensayo de Variación Dimensional.....	14
Tabla 5. Resultados del ensayo de Alabeo.	15
Tabla 6. Resultados del ensayo de Absorción	15
Tabla 7. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del bloque suelo - cemento.....	15
Tabla 8. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas	16
Tabla 9. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en Muretes.....	17
Tabla 10. Resultados del análisis de normalidad para el alabeo.....	19
Tabla 11. Resultados del Anova Unifactorial para el alabeo.....	19
Tabla 12. Resultados del análisis de normalidad para la absorción	19
Tabla 13. Resultados del Anova Unifactorial para la absorción del adobe	20
Tabla 14. Resultados del análisis de normalidad para la resistencia a la compresión del adobe.....	20
Tabla 15. Resultados del Anova Unifactorial para la resistencia a la compresión del adobe.....	21
Tabla 16. Resultados del análisis de normalidad para la resistencia a la compresión en pilas de adobe	21
Tabla 17. Resultados del Anova Unifactorial para la resistencia a la compresión en pilas de adobe	21
Tabla 18. Resultados del análisis de normalidad para la resistencia a la compresión diagonal en muretes.....	22
Tabla 19. Resultados del Anova Unifactorial para la resistencia a la compresión diagonal en muretes	22

Índice de Figuras

Figura 1. a) Muestreo de suelo; (b) retiro de material vegetativo para la extracción	10
Figura 2. Resultado granulométrico del suelo ensayado	10
Figura 3. Curva de máxima densidad seca – óptimo contenido de humedad	11
Figura 4. Prueba de variación dimensional	14
Figura 5. Comparación de resultados del ensayo de compresión de la unidad de bloque.....	16
Figura 6. Comparación de resultados del ensayo de compresión en pilas.....	16
Figura 7. Comparación de resultados del ensayo de compresión diagonal	17
Figura 8. Ensayo de laboratorio para la compresión diagonal de muretes	18
Figura 9. Vista del equipo hidráulico utilizado para la elaboración de bloques de suelo cemento	23

Índice de Anexos

Anexo 1. Evidencia de sumisión	26
Anexo 2. Copia de resolución de sustentación.....	27

Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería con bloques de suelo cemento para uso estructural en Juliaca

Yobany Adolfo Soto Macedo 1, José Pacori Pacori 2*

¹ Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Juliaca (Perú); yobany.soto@upeu.edu.pe

² Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Juliaca (Perú); josepacori@upeu.edu.pe

Received:; Accepted:; Published:

Citación: Soto Y.A., Pacori J., Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas de la Albañilería con Bloques de Suelo Cemento para Uso Estructural en Juliaca. Revista de la Construcción. Journal of Construction, 24(1), 1.000. <https://doi.org/10.7764/RDLC.24.1.000>

Puntos Clave:

- Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de bloques de suelo-cemento.
- Análisis de diferentes porcentajes de cemento en la resistencia y durabilidad de los bloques.
- Ensayos experimentales bajo normas técnicas vigentes.

Resumen: En la presente investigación se realizó la fabricación de unidades tipo bloque denominados bloques de suelo cemento estabilizados, con la finalidad de evaluar y determinar si son factibles frente a las condiciones de resistencia y soporte cuando se utilicen en las construcciones de albañilería simple en el distrito de Juliaca. El objetivo fue mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe que usualmente se fabrican artesanalmente, lo cual muchas veces no cumplen con los parámetros de las normativas peruanas. La metodología de investigación tiene un enfoque cuantitativo, nivel explicativo, método hipotético-deductivo y diseño experimental; en función a la Norma E.080 se fabricó y evaluó adobes tradicionales y mejorados con la adición del cemento Portland IP, teniendo en cuenta que el método de muestreo ejecutado en la investigación fue por conveniencia donde la población que se consideró fue de 350 unidades elaboradas mecánicamente; por lo que dichas unidades se elaboraron con adiciones del 0%, 10%, 15% y 20% de cemento; obteniéndose resultados promedios para la $f'_b = 34.66, 80.19, 105.12, 121.77 \text{ Kg/cm}^2$ respectivamente siendo estas cifras superiores al 10.2 Kg/cm^2 que exige como mínimo la Norma E.080 para bloques de adobe cuyo uso sea a nivel estructural, para la f'_m se obtuvo resultados de $9.78, 28.91, 30.75, 32.12 \text{ Kg/cm}^2$ respectivamente, y para el ensayo de v'_m se tienen valores de $0.09, 0.78, 0.87, 1.61 \text{ Kg/cm}^2$ respectivamente, asimismo sobre las propiedades físicas según la evaluación de resultados cumplen con la normativa técnica peruana E.080.

Palabras clave: Adobe, Albañilería, Suelo, Propiedades mecánicas, Propiedades físicas.

Lista de abreviaturas:

f _b	-	Resistencia a la compresión de la unidad
W _m	-	Carga máxima señalada por la máquina de ensayo
A _u	-	Carga máxima señalada por la máquina de ensayo
f _m	-	Resistencia característica a compresión axial de la albañilería – pilas
F _i	-	Coefficiente por edad del testigo en el momento del ensayo
c	-	Factor de corrección por esbeltez
x	-	Promedio de resultados de las pruebas
m	-	Número dependiente de porcentajes defectuosos aceptables
σ	-	Desviación estándar de las pruebas
f _m	-	Promedio de los resultados considerando los factores de corrección por edad y esbeltez
v' _m	-	Resistencia característica a compresión axial albañilería - muretes
A _r	-	Área del espécimen de ensayo
P _u	-	Carga de rotura
L ₁ ,L ₂	-	Lados reales del testigo
b	-	Espesor del espécimen
γ	-	Área neta con relación al área bruta de la unidad de albañilería
NTP	-	Norma Técnica Peruana
ASTM	-	American Society for Testing and Materials
AASHTO	-	American Association of State Highway and Transportation Officials

1. Introducción

Según (Houben & Guillaud, 1994), aproximadamente el 30% de la población mundial habita en viviendas construidas con tierra, mientras que, en Latinoamérica, el 70% de estas edificaciones poseen un valor histórico, y el 50% se destina a uso residencial (Gandreau & Delboy, 2012). En el Perú, las construcciones con tierra son ampliamente utilizadas en zonas rurales y periurbanas debido a la disponibilidad local de materiales y su bajo costo. Sin embargo, en ciudades como Juliaca, ubicada en el altiplano puneño, las condiciones climáticas extremas, como las lluvias intensas, las bajas temperaturas y la alta humedad, aceleran el deterioro de estas edificaciones. Esto pone en evidencia la necesidad de alternativas constructivas que sean más resistentes y sostenibles frente a estos desafíos.

La literatura especializada destaca que las edificaciones con muros portantes de tierra, como la mampostería de adobe, presentan limitaciones significativas en cuanto a resistencia a la compresión, capacidad de absorción de agua y durabilidad frente a factores ambientales adversos (Escalante & Piñeiros, 2022) y (Constantini & Francisca, 2022). Estas construcciones, aunque accesibles por sus materiales locales, como tierra, y paja, agua, son vulnerables a la erosión, la humedad y la pérdida de estabilidad estructural. Para abordar estas limitaciones, diversas investigaciones han explorado la estabilización de materiales a base de tierra mediante la incorporación de cemento Portland, lo que permite mejorar sus propiedades físico-mecánicas y extender su vida útil. En este contexto, los bloques de suelo-cemento se presentan como una solución innovadora y accesible que combina resistencia estructural, durabilidad y viabilidad económica. El problema central que aborda esta investigación radica en el deterioro acelerado de las construcciones de tierra en Juliaca debido a las condiciones climáticas adversas y en la falta de alternativas accesibles que puedan garantizar la seguridad estructural y la sostenibilidad. Esto plantea la siguiente pregunta: ¿en qué medida la incorporación de cemento Portland en bloques de suelo estabilizado mejora sus propiedades físico-mecánicas y asegura su viabilidad como material estructural en Juliaca? Con el objetivo de responder esta interrogante, el presente estudio se propone evaluar las propiedades físico-mecánicas de la albañilería con bloques de suelo-cemento para su uso estructural en esta ciudad. Este análisis incluye la resistencia a la compresión, la resistencia a la erosión y la capacidad de absorción de agua, tomando como referencia los estándares establecidos en las normativas (E.080, 2022) y (E.070, 2022). Asimismo, se busca determinar la viabilidad económica de estos bloques estabilizados con cemento Portland tipo IP en el contexto del mercado local. La hipótesis central de esta investigación es que los bloques de suelo-cemento estabilizados con cemento Portland tipo IP no solo mejorarán significativamente la resistencia a la compresión, superando los mínimos exigidos por las normativas, sino que también reducirán la absorción de agua y la erosión, asegurando así su viabilidad técnica y económica para aplicaciones estructurales en Juliaca.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

2.1.1. *Cemento Portland tipo IP*

El cemento compuesto con adición de puzolana contiene materiales silíceos o aluminosos que, al reaccionar químicamente con la cal y el agua, forman compuestos con propiedades cementantes. Este tipo de cemento destaca por su alta durabilidad y su resistencia frente a agentes químicos agresivos. En el desarrollo de la presente investigación, se utilizó cemento Portland tipo IP como material base para la elaboración de las mezclas. Este tipo de cemento fue seleccionado debido a su disponibilidad comercial y sus propiedades puzolánicas, las cuales contribuyen a mejorar la durabilidad del concreto. Cabe señalar que el cemento empleado cumple con las especificaciones técnicas establecidas por las normas NTP 334.090 y ASTM C-595, lo que garantiza su idoneidad para los ensayos realizados y la validez de los resultados obtenidos.

Tabla 1. Características del Cemento Portland IP

Ficha Técnica Cemento Portland Tipo IP	
Especificación	Parámetros
Propiedades Químicas	
Oxido de magnesio	1.5 - 3.0
Trióxido de Azufre	1.5 - 3.0
Perdida de Ignición	1.5 - 4.0
Propiedades Físicas	
Densidad	2.7 - 2.8
Contracción	-0.09 a 0.05
Tiempo de Fraguado Inicial	140 - 260
Contenido de aire	3 a 8
Resistencia a los sulfatos	<0.05

2.1.2. *Suelo*

2.1.2.1. *Límites de Plasticidad*

La (NTP 339.129, 2020), al igual que la (ASTM D4318, 2019), establecen procedimientos equivalentes y ampliamente reconocidos para determinar los límites de consistencia del suelo, incluyendo el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP). La NTP 399.150 (2020) establece un procedimiento estandarizado para la descripción visual y manual de los suelos, considerando características como el color, la textura, la estructura y el contenido de humedad. Esta norma es fundamental para clasificar los suelos y comprender sus propiedades básicas, lo cual resulta esencial en el desarrollo de cualquier proyecto de construcción. Por su parte, la (NTP 339.089, 2020) regula el procedimiento de cuarteo de muestras de suelo, una técnica utilizada para reducir una muestra de gran volumen a una fracción más pequeña, manteniendo su representatividad y sin alterar su composición original.

Para el desarrollo del presente estudio, se empleó suelo extraído de la cantera ubicada en la comunidad campesina de Collana Juliaca anexo Ilo Ilo sector Chojja, distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno. La ubicación exacta del punto de muestreo corresponde a las coordenadas UTM, zona 19L: X = 374012.74 y Y = 8280798.93. A partir del material recolectado, se determinaron los parámetros correspondientes a los límites de consistencia.

Tabla 2. Valores obtenidos del ensayo de límites de plasticidad.

Descripción	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Natural	28.39	23.97	4.43
10% de Cemento	29.73	25.39	4.34
15% de Cemento	30.19	27.59	2.61
20% de Cemento	30.71	28.27	2.45

0'

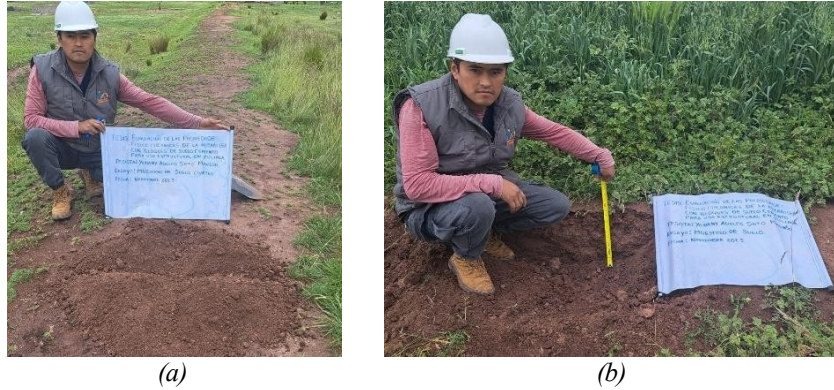


Figura 1. (a) Muestreo de suelo; (b) retiro de material vegetativo para la extracción.

2.1.2.2. Análisis Granulométrico

La (NTP 339.128, 2020) es la norma técnica peruana que regula el procedimiento para el análisis granulométrico de suelos, estableciendo dos métodos principales: tamizado, para partículas mayores a 75 µm, y sedimentación, para partículas más finas. Esta norma es de aplicación obligatoria en estudios geotécnicos en el Perú y asegura resultados confiables y comparables mediante procedimientos estandarizados. Se complementa con normas internacionales como la ASTM D422 y la ASTM D6913/D6913M-19, que especifica con mayor detalle los métodos de análisis por tamizado. Estas normas, en conjunto, proporcionan el marco normativo que garantiza la calidad y validez de los resultados.

El suelo ensayado corresponde a los grupos A-2-4 y A-4 según la clasificación AASHTO, lo que indica que se trata de suelos granulares con características apropiadas de granulometría y plasticidad para su estabilización mediante cemento, garantizando así un desempeño óptimo en la fabricación de bloques estructurales con suelo-cemento.

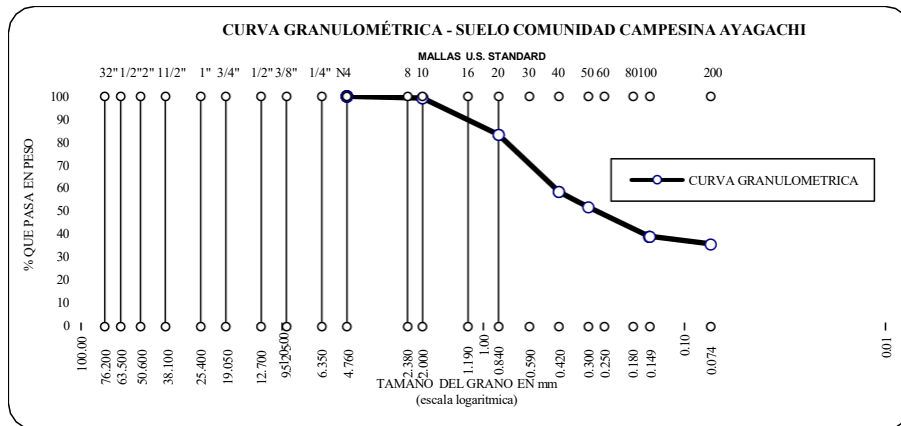


Figura 2. Resultado granulométrico del suelo ensayado.

2.1.2.3. Proctor Estándar

El ensayo Proctor Modificado, conforme a lo establecido en la norma (ASTM D1557-19) y la (NTP 339.142, 2020), tiene como finalidad determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de un suelo compactado utilizando una energía de compactación elevada. Este procedimiento permite obtener el contenido de humedad óptimo; el porcentaje de agua que maximiza la densidad seca, y la densidad seca máxima alcanzable bajo dichas condiciones de compactación. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo Proctor Modificado.

Tabla 3. Ensayo de Proctor Estándar en diferentes proporciones de cemento.

Descripción	γ_d (gr/cm ³)	W (%)
Natural	1.854	14.03
10% de Cemento	1.784	15.90
15% de Cemento	1.676	18.00
20% de Cemento	1.656	18.00

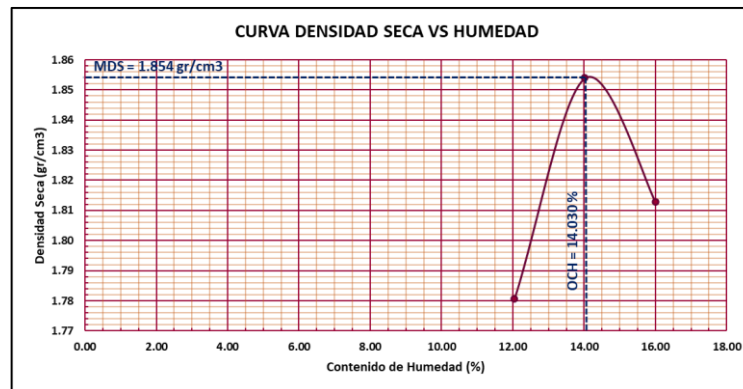


Figura 3. Curva de máxima densidad seca – óptimo contenido de humedad.

2.2. Métodos

2.2.1. Enfoque, Nivel y Diseño de Investigación

De acuerdo con la clasificación de (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018), el diseño de la investigación para el tema propuesto tiene un enfoque cuantitativo; el nivel es explicativo ya que se busca comprender y explicar cómo la incorporación de cemento Portland influye en el desempeño de los bloques de suelo, relacionando las características del material bajo condiciones específicas de evaluación bajo parámetros normativos; y el diseño es experimental ya que permite establecer las relaciones de causa-efecto al manipular las proporciones y dosificación del cemento Portland IP para la mezcla con el suelo y posterior elaboración de bloques.

2.2.2. Población y Muestra

La población está constituida por bloques de suelo-cemento elaborados en laboratorio, con proporciones de cemento del 0%, 10%, 15% y 20%. En total, se cuenta con 350 adobes estabilizados para el estudio.

El método de muestreo empleado es por conveniencia, dado que la selección de las unidades a ensayar se realizará de forma aleatoria dentro de la población disponible. Esta estrategia permite una elección práctica y accesible de muestras representativas.

2.2.3. Variables del estudio y Control

VARIABLES INDEPENDIENTES: suelo y cemento

VARIABLES DEPENDIENTES: Propiedades físicas y Propiedades mecánicas.

VARIABLE DE CONTROL: cubos de 10 cm de lado elaborados sin la adición de cemento y con la adición de cemento en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% y considerando el parámetro mínimo que exige la (Norma E.080).

2.2.4. Preparación de las Mezclas, Fabricación de Bloques y Curado de Bloques

Se fabricaron bloques de suelo-cemento con diferentes proporciones de cemento en peso respecto al suelo seco (0%, 10%, 15% y 20%), conforme a las recomendaciones establecidas en la literatura técnica especializada. Los bloques fueron moldeados y compactados bajo condiciones controladas utilizando un equipo hidráulico diseñado por (Nina, 2022), garantizando uniformidad en sus dimensiones y densidad. Posteriormente, los especímenes fabricados fueron sometidos a un proceso de curado en ambiente húmedo durante un período de 28 días, siguiendo procedimientos estándar que aseguran la correcta hidratación del cemento y la adecuada estabilización del suelo.

2.2.5. Ensayos Físico – Mecánicos

2.2.5.1. Ensayo de Variación Dimensional

Las variaciones de la unidad según la Norma técnica (E.080, 2022), Este ensayo tiene como objetivo medir las posibles contracciones o expansiones que experimentan los bloques de adobe, garantizando que las variaciones sean mínimas para evitar problemas como fisuras o inestabilidad en estructuras construidas con este material, la norma define que un material adecuado no debe experimentar contracciones mayores al 2% (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.2. Ensayo de alabeo

El ensayo de alabeo, regulado por la (E.080, 2022), mide la deformación de una superficie plana debido a cambios en las condiciones ambientales, como variaciones de humedad, temperatura o un secado desigual. En el caso de los bloques de adobe, este ensayo evalúa su estabilidad dimensional y resistencia al alabeo, garantizando que las deformaciones sean mínimas para evitar problemas de ensamblaje y grietas en las estructuras (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.3. Ensayo de absorción

Este ensayo es fundamental para cuantificar la capacidad del adobe para resistir la penetración de humedad, lo cual influye directamente en su durabilidad y comportamiento estructural. La evaluación de esta propiedad es especialmente relevante en zonas con precipitaciones elevadas o condiciones de alta humedad ambiental, donde la exposición al agua puede comprometer la integridad del material (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.4. Ensayo de resistencia a la compresión de adobes (f'_b)

Según (NTP 399.613, 2020) y (E.080, 2022), Una vez determinado el valor de la carga máxima a través del ensayo de compresión, se divide entre el área base para obtener la resistencia a la compresión del bloque. Los resultados deben compararse con los límites establecidos por las normativas locales para determinar si el bloque es adecuado para uso estructural. En Perú la norma E.080 (Adobe) establece que los bloques de adobe para uso estructural deben tener una resistencia mínima de 1.5 MPa o 15 kg/cm² (Abanto, 2017).

$$f'_b = \frac{W_m}{A_u}$$

2.2.5.5. Ensayo de resistencia a la compresión de pilas de adobes (f'_m)

Este ensayo busca caracterizar el comportamiento mecánico de elementos constructivos de adobe en condiciones que simulan más fielmente su desempeño estructural real. Al evaluar pilas de bloques ensamblados, se analiza la interacción entre unidades, la posible presencia de mortero y la distribución de esfuerzos, permitiendo así una estimación más representativa de la resistencia a compresión y de las propiedades estructurales del sistema en su conjunto (Abanto, 2017).

$$f'_m = cF_i(x - m\sigma) \quad f'_m = f_m - \sigma$$

2.2.5.6. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobes (v'_m)

Este ensayo permite evaluar la resistencia al corte en muretes de adobe mediante la aplicación de cargas diagonales en su plano, simulando las sollicitaciones inducidas por fuerzas sísmicas. Su objetivo principal es caracterizar el comportamiento estructural frente a esfuerzos horizontales, identificando mecanismos de falla por cortante y la interacción entre los componentes del muro, información clave para el diseño y evaluación sísmica de edificaciones de tierra (Abanto, 2017).

$$V_m = \frac{P}{A} \quad A = D \times tp$$

ambiente Estadístico

De acuerdo con las recomendaciones metodológicas de (Hernández, et al., 2018), la prueba de hipótesis se llevará a cabo mediante la evaluación de la normalidad en la distribución de los datos. Para ello, se aplicará un análisis de normalidad; también denominado contraste de hipótesis sobre la distribución, siguiendo una secuencia de pasos previamente establecidos:

- Planteamiento de la hipótesis
- Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$ o 5%.
- Prueba de normalidad: Post Hoc/IBM SPSS Statistics.
- Regla de decisión:

Rechazar la H_0 , si el Valor $P \leq \alpha$.
Aceptar la H_0 , si el Valor $P > \alpha$

Una vez verificada la normalidad en la distribución de los datos, se procede a la aplicación de una prueba estadística paramétrica, ya que este tipo de pruebas requieren que los datos cumplan con dicho supuesto. En este estudio, se utilizará un análisis de varianza Unifactorial (ANOVA de un factor), debido a que se cuenta con varias muestras independientes correspondientes a cada uno de los ensayos realizados. Esta prueba permitirá determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos comparados en función de un único factor o variable independiente.

3. Resultados y Discusión

3.1. Ensayos Físico – Mecánicos

3.1.1. Variación Dimensional

Se presenta los resultados de un ensayo de variación dimensional en bloques fabricados con suelo-cemento, comparando un bloque Natural (sin cemento) con bloques que contienen 10%, 15% y 20% de cemento. Se miden seis parámetros: Longitud (L), Variación en Longitud (VL), Altura (H), Variación en Altura (VH), Ancho (A) y Variación en Ancho (VA).

Respecto a la L y VL, la longitud de los bloques tiende a aumentar ligeramente con el incremento de cemento; la variación en longitud muestra una tendencia a la contracción (valores negativos más pronunciados) a medida que aumenta el porcentaje de cemento.

Respecto a la H y VH, La altura de los bloques también muestra un ligero aumento general con la adición de cemento, aunque con una ligera fluctuación; La variación en altura es más variable.

Tabla 4. Resultados del ensayo de Variación Dimensional.

Descripción	L (cm)	VI (%)	H (cm)	VH (%)	A (cm)	VA (%)
Natural	29.92	0.27	9.73	2.68	19.84	0.82
10% de Ce- mento	30.16	- 0.54	9.64	3.60	19.98	0.09
15% de Ce- mento	30.22	- 0.73	9.86	1.37	20.00	0.03
20% de Ce- mento	30.29	- 0.95	10.01	-0.08	20.04	- 0.19

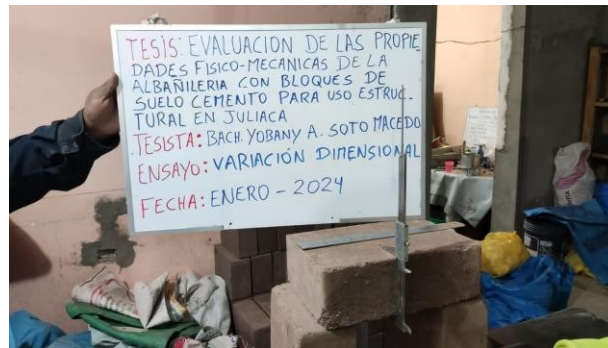


Figura 4. Prueba de variación dimensional.

En general, la adición de cemento parece resultar en un ligero aumento en las dimensiones finales (L, H, A) de los bloques en comparación con el bloque "Natural". Esto podría deberse a una mayor densidad o a diferencias en el proceso de compactación o fraguado.

3.1.2. Alabeo

Según la Tabla 3, los resultados muestran las mediciones de alabeo (en mm) en la cara superior (D1 Sup., D2 Sup.) y la cara inferior (D1 Inf., D2 Inf.) para diferentes porcentajes de cemento en la mezcla de suelo.

Para el bloque natural (sin cemento): el alabeo es relativamente bajo y consistente entre las caras superior e inferior.

Para el bloque (con 10% de cemento): se observa una ligera disminución en el alabeo en comparación con el bloque natural, lo que podría indicar una mayor estabilidad dimensional con la adición de este porcentaje de cemento.

Para el bloque (con 15% de cemento): el alabeo se mantiene en rangos similares a los del bloque natural o ligeramente por debajo, pero no tan consistentemente bajo como con el 10% de cemento.

Para el bloque (con 20% de cemento): en este caso, se observa una variabilidad significativa. Mientras que en la cara superior el alabeo es el más alto registrado (especialmente D2 Sup: 1.77 mm), en la cara inferior es el más bajo (D1 Inf: 0.99 mm). Esto podría indicar un comportamiento menos uniforme de la mezcla o del proceso de secado/curado con un mayor contenido de cemento, generando deformaciones diferenciales en el bloque.

Tabla 5. Resultados del ensayo de Alabeo.

Descripción	D1 Sup. (mm)	D2 Sup. (mm)	D1 Inf. (mm)	D2 Inf. (mm)
Natural	1.44	1.36	1.35	1.33
10% de Cemento	1.16	1.14	1.23	1.22
15% de Cemento	1.32	1.35	1.32	1.34
20% de Cemento	1.51	1.77	0.99	1.18

3.1.3. Absorción

El bloque natural (sin cemento): Los valores de absorción son los más altos (23.25% y 27.66%). Esto es esperado, ya que el suelo natural sin estabilizar es altamente poroso y absorbente.

El bloque con el 10% de Cemento: La absorción disminuye significativamente (7.34% y 9.55%). Esto demuestra el efecto estabilizador del cemento, que reduce la porosidad del material al aglomerar las partículas de suelo.

El bloque con el 15% de Cemento: La absorción sigue siendo relativamente baja y consistente (8.46% y 8.47%). Estos valores son similares a los del 10% de cemento, lo que sugiere que, a partir de cierto porcentaje, el beneficio en la reducción de absorción puede volverse marginal o incluso variar ligeramente.

El bloque con el 20% de Cemento: La absorción muestra una tendencia mixta (9.53% y 7.46%). Mientras que un valor (7.46%) es el más bajo de todos los ensayos con cemento, el otro (9.53%) es más alto que el 10% y 15%.

En resumen, la significativa reducción de la absorción con la adición de cemento (especialmente al 10% y 15%) indica que los bloques de suelo-cemento fabricados son sustancialmente más resistentes al agua que los bloques de suelo puro, lo cual es fundamental para el desempeño a largo plazo de una edificación.

Tabla 6. Resultados del ensayo de Absorción.

Descripción	Abs.1 (%)	Abs.2 (%)
Natural	23.25	27.66
10% de Cemento	7.34	9.55
15% de Cemento	8.46	8.47
20% de Cemento	9.53	7.46

3.1.4. Resistencia a la Compresión del Adobe

La adición del 10% de cemento incrementó significativamente la resistencia a la compresión. El valor casi duplica la resistencia del bloque natural, demostrando la eficacia del cemento como estabilizador. Con un 15% de cemento, la resistencia continúa aumentando notablemente. Esto indica que, a mayor porcentaje de cemento, mayor es la formación de hidratos que unen las partículas de suelo, resultando en un material más resistente. Este es el valor más alto de resistencia alcanzado en los ensayos. El incremento del 5% adicional (de 15% a 20%) sigue aportando una mejora en la resistencia, aunque el ritmo de crecimiento podría comenzar a estabilizarse en porcentajes mayores. En resumen, todos los bloques ensayados, incluyendo el bloque natural (sin cemento), cumplen con la resistencia a la compresión mínima de 1.5 MPa (15 kg/cm²) exigida por el Reglamento Nacional de Edificaciones para bloques de adobe de uso estructural.

Tabla 7. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del bloque suelo - cemento

Descripción	Edad	P (kg)	A (cm ²)	f ^b (Kg/cm ²)
Natural	28	20796.67	600	34.66
10% de Cemento	28	48111.67	600	80.19
15% de Cemento	28	63073.33	600	105.12
20% de Cemento	28	73061.67	600	121.77

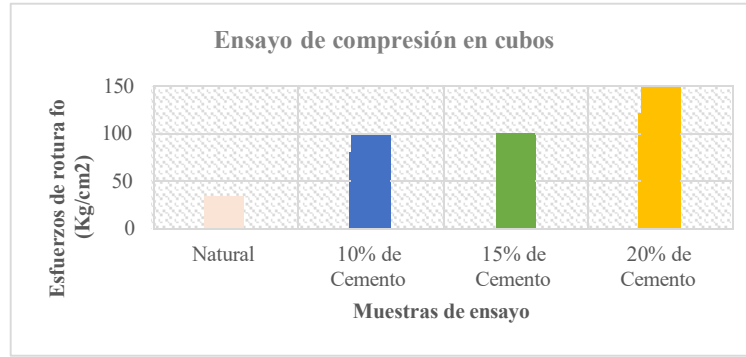


Figura 5. Comparación de resultados del ensayo de compresión de la unidad de bloque.

Por otro lado, al comparar los resultados obtenidos, se observa que con un 10% de contenido de cemento se alcanza una resistencia de 34.66 kg/cm², valor que supera los requisitos establecidos por la Norma Técnica E.080. Por lo tanto, el promedio de resistencia obtenido cumple con lo estipulado por dicha normativa. Es importante destacar que el período de curado de los bloques influye significativamente en su resistencia, ya que esta tiende a incrementarse con el paso del tiempo, conforme lo señala (Nina, 2022).

3.1.5. Resistencia a la Compresión en Pilas

Los resultados demuestran una mejora significativa en la resistencia a compresión con la adición de cemento. La muestra de suelo natural presentó una F'm de 9.78 Kg/cm², mientras que las mezclas con 10%, 15% y 20% de cemento alcanzaron 28.91, 30.75 y 32.12 Kg/cm² respectivamente. Esta correlación directa entre el porcentaje de cemento y la resistencia a la compresión subraya la efectividad del cemento como agente estabilizador.

El ensayo de resistencia a la compresión de pilas F'm de adobes según la Norma E.080 se realiza para evaluar la capacidad de carga y la resistencia estructural de los muretes de adobe. El procedimiento estándar establece que la resistencia última mínima que debe alcanzar la pila de adobes es de 0.6 MPa, lo que equivale a 6.12 kgf/cm². Este valor garantiza que las pilas de adobe tienen la resistencia necesaria para ser utilizadas en la construcción, cumpliendo con los requisitos de seguridad y durabilidad. Al respecto sobre los resultados obtenidos, con la adición del 10% de cemento al suelo se obtuvo un resultado de 28.91 Kg/cm² por lo que este valor es superior a lo estipulado como parámetro en la norma.

Tabla 8. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en pilas.

Descripción	Edad	a (cm ²)	P (Kg)	F'm (Kg/cm ²)
Natural	28	600	5866.67	9.78
10% de Cemento	28	600	17346.67	28.91
15% de Cemento	28	600	18450.00	30.75
20% de Cemento	28	600	19271.33	32.12

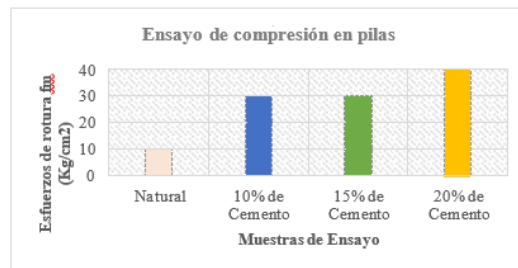


Figura 6. Comparación de resultados del ensayo de compresión en pilas.

El ensayo de resistencia a la compresión de pilas de adobes ($f'm$), conforme a lo establecido en la Norma Técnica E.080, tiene como objetivo evaluar la capacidad de carga y la resistencia estructural de los muretes construidos con adobe. Esta norma establece que la resistencia última mínima que debe alcanzar una pila de adobe es de 0.6 MPa (equivalente a 6.12 kg/cm²), valor que asegura el cumplimiento de los criterios de seguridad y durabilidad en edificaciones. En cuanto a los resultados obtenidos, se registró una resistencia de 28.91 kg/cm² al adicionar un 10% de cemento al suelo, valor significativamente superior al mínimo exigido por la norma, lo que demuestra una mejora sustancial en el desempeño estructural del material."

3.1.6. Resistencia a la Compresión Diagonal en Muretes

La Tabla 6 presenta los resultados del ensayo de compresión diagonal en muretes de suelo-cemento con diferentes dosificaciones de cemento. Se observa una clara relación directa entre el aumento del porcentaje de cemento y la resistencia a la tracción diagonal ($f't$) y la resistencia al corte de diseño ($v'm$). Los muretes sin estabilizar (0% de cemento) exhiben una resistencia al corte de diseño de solo 0.09 kg/cm², lo que demuestra su fragilidad inherente. La adición de un 10% de cemento incrementa esta resistencia a 0.78 kg/cm², lo que representa una mejora de más de ocho veces. Las dosificaciones de 15% y 20% continúan elevando la resistencia, alcanzando valores de 0.87 kg/cm² y 1.61 kg/cm², respectivamente. Los valores de $V'm$ obtenidos con el suelo-cemento superan significativamente los de la mampostería de tierra cruda, lo que, valida el uso de este material como una alternativa más segura y robusta para la construcción en zonas sísmicas, en línea con los criterios de desempeño estructural requeridos por la normativa.

Tabla 9. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en Muretes.

Descripción	P (Kg)	a (cm)	Em (cm)	$f't$ (Kg/cm ²)	$V'm$ (Kg/cm ²)
Natural	655	73	20	0.22	0.09
10% de Cemento	5684	73	20	1.95	0.78
15% de Cemento	6383	73	20	2.19	0.87
20% de Cemento	11723	73	20	4.01	1.61

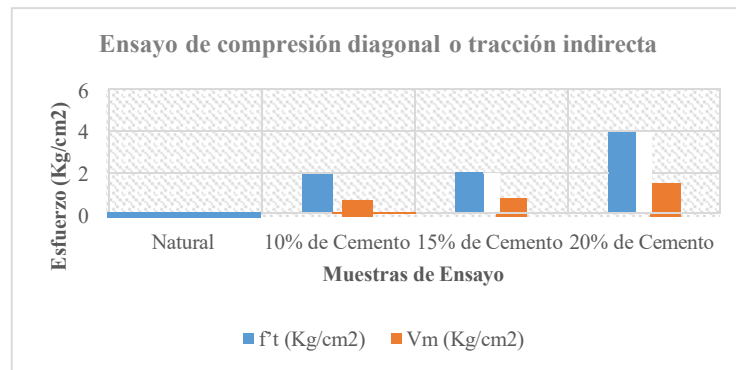


Figura 7. Comparación de resultados del ensayo de compresión diagonal.



Figura 8. Ensayo de laboratorio para la compresión diagonal de muretes.

El ensayo de tracción indirecta o compresión diagonal ($v'm$) se empleó para determinar la resistencia del murete frente a esfuerzos de tracción indirecta, conforme a lo establecido en la Norma Técnica E.080 (Adobe). Este procedimiento se realiza utilizando muretes contruidos con adobe o tapial, con dimensiones aproximadas de 0.65 m x 0.65 m. La evaluación consistió en aplicar una carga diagonal sobre la muestra, permitiendo analizar la capacidad del murete para resistir tensiones inducidas por esfuerzos de tracción indirecta, lo cual es fundamental para caracterizar su comportamiento estructural ante solicitaciones laterales

Con respecto a los resultados obtenidos, la Figura 4 muestra que la resistencia a la tracción indirecta ($v'm$) se incrementa conforme aumenta el porcentaje de cemento en las diferentes dosificaciones, en comparación con el murete patrón ($f't$), elaborado sin adición de cemento. Los especímenes fueron ensayados a los 28 días, luego de haber completado su período de curado y secado, lo cual permitió evaluar adecuadamente el desarrollo de su resistencia mecánica.

3.2. Análisis Estadístico

3.2.1. Variación dimensional

La variable variación dimensional presenta un dato promedio por cada dimensión (largo, altura y ancho) haciendo un total de tres datos, asimismo, por cada dimensión se ensayaron 10 muestras. No fue necesario el uso de la prueba de hipótesis ya que solamente se realiza una comparación entre los valores promedio en porcentajes.

3.2.2. Alabeo

Análisis de normalidad

- Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : La variable “alabeo del adobe” presenta una distribución normal simétrica.

H_a : La variable “alabeo del adobe” no presenta una distribución normal simétrica.

Tabla 10. Resultados del análisis de normalidad para el alabeo

% de Ce- mento	Estadís- tico	Shapiro-Wilk	
		GL	Valor P
Cemento al 0%	0.853	4	0.235
Cemento al 10%	0.878	4	0.332
Cemento al 15%	0.849	4	0.224
Cemento al 20%	0.970	4	0.844

- Decisión: Se observa que los “valores p” obtenidos para las dosificaciones de cemento al 10%, 15% y 20% son mayores al nivel de significancia que es de 0.05; por lo tanto, se puede interpretar que la variable “alabeo del adobe” presenta una distribución normal y por consiguiente corresponde realizar un análisis paramétrico.

Análisis de varianza:

- Planteamiento de la hipótesis:
 H_0 : No existen diferencias significativas en los grupos de alabeo del adobe, y las medias son iguales.
 H_a : Existen diferencias significativas en los grupos de alabeo del adobe, y las medias no son iguales.

Tabla 11. Resultados del Anova Unifactorial para el alabeo

Descripción	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor P
Entre grupos	0.087	3	0.029	0.935	0.454
Dentro de grupos	0.373	12	0.031		
Total	0.461	15			

3.2.3. Absorción

Análisis de normalidad

- Planteamiento de la hipótesis
 H_0 : La variable “absorción del adobe” presenta una distribución normal simétrica.
 H_a : La variable “absorción del adobe” no presenta una distribución normal simétrica.

Tabla 12. Resultados del análisis de normalidad para la absorción

% de Cemento	Shapiro-Wilk		
	Estadís- tico	GL	Valor P
Cemento al 0%	0.968	3	0.656
Cemento al 10%	0.875	3	0.308
Cemento al 15%	0.818	3	0.157
Cemento al 20%	0.779	3	0.065

- Decisión: Se observa que los “valores p” obtenidos para las dosificaciones de cemento al 10%, 15% y 20% son mayores al nivel de significancia que es de 0.05; por lo tanto, se puede interpretar que la variable “absorción del adobe” presenta una distribución normal y por consiguiente corresponde realizar un análisis paramétrico.

Análisis de varianza:

- Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en los grupos del ensayo de absorción, y las medias son iguales.

H_a : Existen diferencias significativas en los grupos del ensayo de absorción, y las medias no son iguales.

Tabla 13. Resultados del Anova Unifactorial para la absorción del adobe

Descripción	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor P
Entre grupos	651.930	3	217.310	111.467	0.000
Dentro de grupos	15.596	8	1.950		
Total	667.526	11			

- Decisión: Se observa que el “valor p” obtenido es mayor al $\alpha=0.05$; entonces, se puede interpretar que no existen diferencias significativas en los grupos del ensayo de absorción del adobe, y las medias son iguales.

3.2.4. Resistencia a la Compresión de la Unidad

Análisis de normalidad

- Planteamiento de la hipótesis

H_0 : La variable “resistencia a la compresión del adobe” presenta una distribución normal simétrica.

H_a : La variable “resistencia a la compresión del adobe” no presenta una distribución normal simétrica.

Tabla 14. Resultados del análisis de normalidad para la resistencia a la compresión del adobe

% de Ce- mento	Shapiro-Wilk		
	Estadís- tico	GL	Valor P
Cemento al 0%	0.783	6	0.041
Cemento al 10%	0.930	6	0.580
Cemento al 15%	0.916	6	0.474
Cemento al 20%	0.868	6	0.218

- Decisión: Se observa que los “valores p” obtenidos para las dosificaciones de cemento al 10%, 15% y 20% son mayores al nivel de significancia que es de 0.05; por lo tanto, se puede interpretar que la variable “resistencia a la compresión axial del adobe” presenta una distribución normal y por consiguiente corresponde realizar un análisis paramétrico.

Análisis de varianza:

- Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión del adobe, y las medias son iguales.

H_a : Existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión del adobe, y las medias no son iguales.

Tabla 15. Resultados del Anova Unifactorial para la resistencia a la compresión del adobe

Des-cripción	Suma de cuadrados	GL	Media cua-drática	F	Valor P
Entre grupos	25880.034	3	8626.678	106.752	0.000
Dentro de grupos	1616.210	20	80.810		
Total	27496.244	23			

- Decisión: Se observa que el “valor p” obtenido es menos al $\alpha = 0.05$; entonces, se puede interpretar que existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión del adobe, y las medias no son iguales.

3.2.5. Resistencia a la Compresión en Pilas

Análisis de normalidad

- Planteamiento de la hipótesis
 H_0 : La variable “resistencia a la compresión en pilas de adobe” presenta una distribución normal simétrica.
 H_a : La variable “resistencia a la compresión en pilas de adobe” no presenta una distribución normal simétrica.

Tabla 16. Resultados del análisis de normalidad para la resistencia a la compresión en pilas de adobe

% de Cemento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	GL	Valor P
Cemento al 0%	0.970	3	0.667
Cemento al 10%	0.946	3	0.554
Cemento al 15%	0.960	3	0.616
Cemento al 20%	0.939	3	0.525

- Decisión: Se observa que los “valores p” obtenidos para las dosificaciones de cemento al 10%, 15% y 20% son mayores al nivel de significancia que es de 0.05; por lo tanto, se puede interpretar que la variable “resistencia a la compresión en pilas de adobe” presenta una distribución normal y por consiguiente corresponde realizar un análisis paramétrico.

Análisis de varianza:

- Planteamiento de la hipótesis:
 H_0 : No existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión en pilas de adobe, y las medias son iguales.
 H_a : Existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión en pilas de adobe, y las medias no son iguales.

Tabla 17. Resultados del Anova Unifactorial para la resistencia a la compresión en pilas de adobe

Descripción	Suma de cuadrados	GL	Media cua-drática	F	Valor P
Entre grupos	1086.025	3	362.008	56.681	0.000
Dentro de grupos	51.094	8	6.387		
Total	1137.119	11			

- Decisión: Se observa que el “valor p” obtenido es menor al $\alpha = 0.05$; entonces, se puede interpretar que existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión en pilas, y las medias no son iguales.

3.2.6. Resistencia a la Compresión en Muretes

Análisis de normalidad

- Planteamiento de la hipótesis

H_0 : La variable “resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe” presenta una distribución normal simétrica.

H_a : La variable “resistencia a la compresión diagonal en muretes” no presenta una distribución normal simétrica.

Tabla 18. Resultados del análisis de normalidad para la resistencia a la compresión diagonal en muretes

% de Cemento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	GL	Valor P
Cemento al 0%	0.750	3	0.000
Cemento al 10%	0.955	3	0.593
Cemento al 15%	0.987	3	0.780
Cemento al 20%	0.885	3	0.339

- Decisión: Se observa que los “valores p” obtenidos para las dosificaciones de cemento al 10%, 15% y 20% son mayores al nivel de significancia que es de 0.05; por lo tanto, se puede interpretar que la variable “resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe” presenta una distribución normal y por consiguiente corresponde realizar un análisis paramétrico.

Análisis de varianza:

- Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe, y las medias son iguales.

H_a : Existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe, y las medias no son iguales.

Tabla 19. Resultados del Anova Unifactorial para la resistencia a la compresión diagonal en muretes

Des-cripción	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor P
Entre grupos	1086.025	3	362.008	56.681	0.000
Dentro de grupos	51.094	8	6.387		
Total	1137.119	11			

- Decisión: Se observa que el “valor p” obtenido es menor al $\alpha = 0.05$; entonces, se puede interpretar que existen diferencias significativas en los grupos de resistencia a la compresión diagonal en muretes de adobe, y las medias no son iguales.

3.3. Control de Calidad

Para garantizar la calidad y homogeneidad de los bloques de adobe fabricados, se implementó un riguroso control en el proceso de compactación mecánica. En este contexto, se utilizó un equipo hidráulico especialmente diseñado y fabricado por Nina (2022) en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión. Este equipo fue concebido con el propósito de optimizar la densificación del suelo mediante la aplicación controlada de presión hidráulica, lo que permite mejorar significativamente las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo – cemento.

El equipo hidráulico mencionado posee la capacidad de generar una presión máxima de 70 bares, valor que equivale aproximadamente a 71.38 kgf/cm^2 . Esta magnitud de presión resulta adecuada para la consolidación de mezclas de tierra seleccionada, permitiendo obtener una estructura interna más compacta y resistente, con menor porosidad y mayor estabilidad dimensional. Dichas condiciones son fundamentales para mejorar el desempeño de los adobes frente a cargas mecánicas y factores ambientales como la humedad.

Asimismo, el sistema fue diseñado para producir bloques con dimensiones estándar de 0.30 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.10 m de alto, compatibles con sistemas constructivos modulares y eficientes en términos de manipulación y colocación. La geometría uniforme obtenida mediante este proceso de compactación controlada contribuye también a la mejora del ensamblaje y la estabilidad estructural de los muros construidos con este tipo de material.



Figura 9. Vista del equipo hidráulico utilizado para la elaboración de bloques de suelo cemento

4. Conclusiones y comentarios

Los resultados experimentales obtenidos en este estudio evidencian que la adición de Cemento Portland tipo IP en proporciones del 10%, 15% y 20% mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas del adobe, incrementando su viabilidad como material para aplicaciones estructurales. Esta mejora ha sido validada mediante un análisis estadístico riguroso, que confirma la eficacia del estabilizante en las distintas proporciones evaluadas.

En particular, los ensayos de compresión realizados sobre unidades individuales, pilas y muretes de adobe estabilizado revelan que una adición del 10% de cemento es suficiente para cumplir con los requisitos de resistencia establecidos por la Norma Técnica Peruana E.080 “Construcción con Tierra”. Dicho porcentaje permite alcanzar valores adecuados de resistencia a compresión, lo cual asegura su idoneidad para su uso en construcciones estructurales de bajo costo y con criterios de sostenibilidad.

Los ensayos desarrollados tanto en condiciones estándar como con la incorporación del 10% de cemento confirman que este nivel de estabilización optimiza el comportamiento mecánico del adobe, sin requerir mayores proporciones de aditivo. Esto representa una alternativa técnica y económicamente viable para proyectos de construcción con tierra en contextos rurales o de autoconstrucción asistida.

No obstante, el estudio también identifica algunas limitaciones. La efectividad del adobe estabilizado podría variar en función de las condiciones climáticas y del tipo de suelo local, tal como lo señalan investigaciones previas (Escalante & Piñeiros, 2022; Constantini & Francisca, 2022). Adicionalmente, factores operativos como el proceso de curado y las condiciones de almacenamiento de los bloques no fueron completamente controlados durante el desarrollo experimental, lo cual podría haber influido en la dispersión de algunos resultados.

En este sentido, se recomienda la realización de estudios complementarios que evalúen el desempeño del adobe estabilizado con 10% de cemento IP bajo diferentes condiciones ambientales y tipos de suelo, así como el control más estricto de las variables de fabricación, curado y conservación. Esto permitirá fortalecer la aplicabilidad del material en un espectro más amplio de escenarios constructivos.

Contribuciones de los autores: Yobany Soto: Metodología, estudio experimental, conceptualización, redacción, análisis.

José Pacori: Metodología, conceptualización, revisión y edición, supervisión.

Financiamiento: Los autores no recibieron apoyo financiero para este artículo de investigación.

Conflictos de interés: El autor declara que no existe ningún conflicto de interés.

5. Referencias

- ASTM D4318. (2019). Standard Test for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. United States: ASTM International.
- ASTM D6913. (2019). Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of soils Using Sieve Analysis. United States: ASTM International.
- Constantini, A., & Francisca, F. (2022). Construcción con bloques de suelo cemento como alternativa sostenible para envolvente edilicia. *Revista Hábitat Sustentable*, Págs. 114 -125. doi:10.22320/07190700.2022.12.01.08
- E.070. (2022). Albañilería. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO.
- E.080. (2022). Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO.
- Escalante, D., & Piñeiros, J. (2022). Caracterización física y mecánica del adobe del centro histórico de Quito sometido a envejecimiento acelerado. *Dialnet plus - Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, págs. 81-96. doi:10.26807/ia.v10i2.226
- Nina, E. (2022). Diseño y fabricación de un equipo para elaboración de bloques de tierra, mecánicamente densificados. *Universidad Peruana Unión*.
- Gandreau, D., & Delboy, L. (2012). *Patrimonio mundial: inventario de arquitectura de tierra*. Grenoble, Francia.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL / Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth Construction: A Comprehensive Guide*. Intermediate Technology Publications.
- MVSC. (2019). *Edificaciones antisísmicas de Adobes*. Lima: Ministerio de Vivienda de Saneamiento y Construcción.
- NTP 331.017. (2020). *Ensayo de variación dimensional*. Lima: Norma técnica Peruana.
- NTP 339.089. (2020). *Obtención en laboratorio de muestras representativas (Cuarteo)*. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.

- NTP 339.127. (2020). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.128. (2020). Método de ensayo para el análisis granulométrico. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.129. (2020). Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.134. (2020). Método para la clasificación de suelos. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.142. (2020). Método de ensayo para la compactación del suelo. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 399.150. (2020). Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual - manual. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 399.604. (2020). Ensayo de succión. Lima: Norma Técnica Peruana.
- NTP 399.613. (2020). Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Lima, Peru: Fondo editorial PUCP.
- Abanto, F. (2017). Análisis y diseño de edificaciones de albañilería. Lima, Perú.

Anexos

Anexo 1. Evidencia de sumisión

The screenshot shows an Outlook web interface. The email is from Claudia Burbano-García (cpburbano@uc.cl) to Yobany Adolfo Soto Macedo. The subject is "[RDLC] Acuse de recibo de envío". The body of the email contains the following text:

Yobany Adolfo Soto Macedo:

Thank you for submitting the manuscript, "el EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA CON BLOQUES DE SUELO CEMENTO PARA USO ESTRUCTURAL EN JULIACA: bloques comprimidos de suelo cemento" to Revista de la Construcción. Journal of Construction. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

URL de envío: <https://revistadelaconstruccion.uc.cl/index.php/RDLC/authorDashboard/submission/95462>

Journal of Construction

Journal of Construction is an international scientific publication, created on 2002 and edited by the Escuela de Construcción Civil of Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
revistadelaconstruccion.uc.cl

Nombre de usuario: yobany

Si tienes alguna pregunta, por favor contáctame. Gracias por considerar esta revista como un lugar para su trabajo.

Claudia Burbano-García

(\$JournalName)
 [././http://revistadelaconstruccion.uc.cl

Anexo 2. Copia de resolución de sustentación



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

RESOLUCIÓN N° 0523-2025/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña, 02 de setiembre de 2025

VISTO:

El expediente del (de la) bachiller **Yobany Adolfo Soto Macedo** identificado(a) con código universitario N° 200720405, 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 sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la albañilería con bloques de suelo cemento para uso estructural en Juliaca", presentado por el (la) bachiller **Yobany Adolfo Soto Macedo**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 02 de setiembre de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. Declarar expedito al (a la) bachiller **Yobany Adolfo Soto Macedo**, para que sustente la tesis en formato artículo titulada "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la albañilería con bloques de suelo cemento para uso estructural en Juliaca", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 29 de setiembre a las 08:30 horas, en la modalidad presencial, en el Salón de Actos Wellesley Múir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: MSc. Ecler Mamani Chambi
 Secretario: Mtro. Leonel Chahuares Paucar
 Asesor: Mg. José Pacori Pacori
 Vocal 1: Mg. Gerardo William Pari Quispe

Regístrese, comuníquese y archívese.



Erika Inés Acuña Salinas
 Dra. Erika Inés Acuña Salinas
 DECANA



Gina Marita Tito Tolentino
 Lic. Gina Marita Tito Tolentino
 SECRETARIA ACADEMICA

cc:
 -Intendente
 -Jurado (04)
 -Secretaría General
 -Archivo