

Axial Compression and Flexural Strength of Compacted Adobe with the Addition of 6%, 8%, and 10% Cassava Starch, Cajamarca 2025

Abstract— The primary objective of this research was to evaluate the influence of cassava starch as an organic stabilizing agent on the axial compressive and flexural strength of compacted adobe blocks. Soil classification tests identified a granulometrically suitable material for the production of the composite, to which cassava starch was incorporated in proportions of 6%, 8%, and 10% by weight.

The specimens were compacted using a BRICK BLOCK machine and tested according to relevant standards. The results showed a significant improvement in compressive strength, with values of 20.02 kg/cm², 32.62 kg/cm², and 37.37 kg/cm² for the 6%, 8%, and 10% dosages, respectively, exceeding minimum requirements established by E.080 and UNE 41410 standards.

Flexural strength also improved at the 10% dosage, reaching 5.10 kg/cm². These findings demonstrate the potential of cassava starch as a low-cost and sustainable stabilizing material for compacted adobe construction.

Keywords— Cassava starch, Compacted adobe, Compressed Earth Block, Mechanical strength, eco-friendly composite material.

Axial Compression and Flexural Strength of Compacted Adobe with the Addition of 6%, 8%, and 10% Cassava Starch, Cajamarca 2025

Edwin Daniel Mejia Diaz, Perú, Universidad Privada del Norte, daniel_mejia_d@hotmail.com, Orlando Aguilar Aliaga

Resumen— El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia del almidón de yuca como agente estabilizante orgánico en la resistencia a la compresión axial y a la flexión del adobe compactado. Los ensayos de clasificación de suelos permitieron identificar un material adecuado para la elaboración del compuesto, al cual se incorporó almidón de yuca en proporciones de 6 %, 8 % y 10 % en peso. Los especímenes fueron compactados mediante una máquina BRICK BLOCK y evaluados conforme a normas técnicas. Los resultados mostraron una mejora significativa en la resistencia a la compresión, alcanzando valores de 20,02 kg/cm², 32,62 kg/cm² y 37,37 kg/cm² para las dosificaciones de 6 %, 8 % y 10 %, respectivamente, superando los requisitos mínimos de las normas E.080 y UNE 41410. La resistencia a la flexión también mejoró en la dosificación del 10 %, alcanzando 5,10 kg/cm². Estos resultados evidencian el potencial del almidón de yuca como un estabilizante de bajo costo y sostenible para el adobe compactado.

Palabras clave— Almidón de yuca, Adobe compactado, Bloque de Tierra Comprimida, Resistencia mecánica, Material compuesto ecológico.

I. INTRODUCCIÓN

Las construcciones con tierra continúan siendo ampliamente utilizadas en regiones rurales y de bajos recursos debido a su disponibilidad local, bajo costo y facilidad de implementación. Sin embargo, el adobe tradicional presenta limitaciones mecánicas que reducen su desempeño estructural, especialmente frente a sollicitaciones sísmicas, lo que incrementa la vulnerabilidad de las edificaciones construidas con este material.

Diversas investigaciones han abordado la mejora del comportamiento del adobe y de los bloques de tierra comprimida mediante el uso de estabilizantes inorgánicos, como el cemento y la cal, los cuales incrementan la resistencia mecánica del material [1]. No obstante, estos aditivos modifican su composición natural, aumentan el costo de producción y reducen su carácter sostenible. En este contexto, el uso de estabilizantes orgánicos constituye una alternativa viable, al permitir mejorar las propiedades del material sin alterar significativamente su naturaleza.

El almidón de yuca es un recurso natural con propiedades adhesivas y ligantes, ampliamente disponible en regiones tropicales. A pesar de su potencial, la evidencia científica sobre su aplicación como estabilizante en bloques de tierra comprimida es limitada, especialmente en materiales no

cocidos [2]. Esta situación evidencia la necesidad de investigaciones orientadas a evaluar su influencia en el comportamiento mecánico del adobe compactado.

A nivel global, aproximadamente el 30% de la población habita en construcciones de tierra, mientras que cerca del 50% de la población en países en desarrollo depende de este tipo de viviendas [3]. En el Perú, una proporción significativa de edificaciones está construida con adobe, quincha u otros materiales tradicionales, lo que las hace altamente vulnerables frente a eventos sísmicos [4]. Regiones como Cajamarca y La Libertad presentan una alta concentración de este tipo de viviendas.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la influencia del almidón de yuca como agente estabilizante orgánico en las propiedades mecánicas del adobe compactado. Para ello, se analizan la resistencia a la compresión axial y a la flexión mediante ensayos experimentales, considerando diferentes dosificaciones del aditivo. Si bien el estudio no evalúa directamente el comportamiento sísmico, la mejora en las propiedades mecánicas del material constituye un indicador indirecto de su potencial desempeño estructural.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo experimental y cuantitativa, orientada a evaluar la influencia del almidón de yuca como agente estabilizante en el comportamiento mecánico del adobe compactado. El estudio se desarrolló mediante la elaboración y ensayo de especímenes bajo condiciones controladas de laboratorio.

A. Selección y caracterización del suelo

La presente investigación es de tipo experimental y cuantitativa, orientada a evaluar la influencia del almidón de yuca como agente estabilizante orgánico en el comportamiento mecánico del adobe compactado. El estudio se desarrolló mediante la caracterización del suelo, determinación de parámetros de compactación, dosificación del estabilizante, elaboración de especímenes y ejecución de ensayos mecánicos de resistencia a la compresión axial y a la flexión.

El procedimiento experimental se estructuró con el propósito de garantizar la repetibilidad del proceso de fabricación y la comparación objetiva entre bloques sin aditivo y bloques estabilizados con almidón de yuca. Para ello, se consideraron cuatro grupos de análisis: una muestra patrón sin aditivo y tres mezclas estabilizadas con almidón de yuca en proporciones de 6 %, 8 % y 10 %.

A. Selección y caracterización del suelo

Se evaluaron muestras de suelo provenientes de distintas canteras locales, con el fin de identificar un material adecuado para la elaboración de bloques de tierra comprimida. A partir de esta evaluación preliminar, se seleccionó una muestra representativa que cumpliera con las condiciones granulométricas requeridas para la fabricación de adobes compactados.

La caracterización del suelo incluyó ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico por lavado, análisis granulométrico por tamizado y determinación de límites de consistencia. El contenido de humedad se determinó conforme a ASTM D2216 [5]. El análisis granulométrico por lavado se desarrolló de acuerdo con ASTM D1140 [6], mientras que el análisis granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D6913 [7]. Asimismo, los límites de Atterberg se determinaron conforme a ASTM D4318 [8].

Con base en estos ensayos, el suelo fue clasificado mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). La muestra seleccionada fue identificada como una arena arcillosa, es decir, una mezcla arena-arcilla, característica compatible con la elaboración de bloques de tierra comprimida, de acuerdo con los rangos granulométricos recomendados para este tipo de unidades constructivas.

La caracterización inicial del suelo permitió establecer que el material empleado presentaba condiciones adecuadas para el proceso de compactación, evitando que la evaluación mecánica dependiera de un suelo no apto o de baja cohesión. De esta manera, se aseguró que las variaciones en la resistencia de los especímenes estuvieran asociadas principalmente a la incorporación del almidón de yuca y no a deficiencias en la selección del material base.

En la Tabla I se presentan los rangos granulométricos recomendados por diversos autores para la elaboración de adobes compactados.

TABLA I
INTERVALOS DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA RECOMENDADOS
PARA LA ELABORACIÓN DE ADOBES COMPACTADOS SEGÚN DIVERSOS
AUTORES

AUTORES	RESISTENCIA MECÁNICA DEL ADOBE COMPACTADO			
	SUGERENCIA	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)
Minke	ÓPTIMO	70	30	
Krüger	ÓPTIMO	60	40	
Enteiche	ÓPTIMO	75	10	15
Walker, Keable	RANGO	45 a 80	15 a 30	5 a 20
U. de Valparaíso	RANGO	70 a 80	20 a 30	5 a 10
De la Fuente	RANGO	55 a 80	20 a 45	
De Olarte	ÓPTIMO	70	15	15

Nota: Los valores corresponden a porcentajes en peso de arena, limo y arcilla recomendados en la literatura especializada.

B. Ensayo Proctor modificado

Para determinar las condiciones óptimas de compactación, se realizó el ensayo Proctor modificado conforme a ASTM D1557 [9]. Este ensayo permitió obtener la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad de la muestra patrón y de las mezclas estabilizadas con almidón de yuca.

El ensayo se aplicó a cuatro condiciones de mezcla: suelo sin aditivo, suelo con 6 % de almidón de yuca, suelo con 8 % de almidón de yuca y suelo con 10 % de almidón de yuca. En cada caso, se evaluaron diferentes contenidos de humedad con el fin de identificar el punto de mayor densificación del material.

Los contenidos óptimos de humedad obtenidos fueron empleados como criterio para la preparación de las mezclas utilizadas en la fabricación de los especímenes. De esta manera, cada dosificación fue elaborada bajo condiciones específicas de humedad, evitando aplicar un mismo contenido de agua a mezclas con comportamientos distintos.

Este procedimiento fue relevante debido a que la adición de almidón de yuca modifica la interacción entre las partículas del suelo y el agua. Por ello, la determinación del contenido óptimo de humedad para cada dosificación permitió mejorar la

homogeneidad de la mezcla y controlar el proceso de compactación.

C. Dosificación del almidón de yuca

La dosificación del almidón de yuca se definió a partir de las proporciones establecidas para el estudio: 6 %, 8 % y 10 %. Para la elaboración de los especímenes, se consideró un peso aproximado de 6000 g de material por bloque. En consecuencia, para un lote de 10 bloques se trabajó con aproximadamente 60000 g de material.

A partir de los contenidos óptimos de humedad obtenidos mediante el ensayo Proctor modificado, se calculó la cantidad de mezcla líquida requerida para cada dosificación. Para la mezcla con 6 % de almidón de yuca, correspondiente a un contenido óptimo de humedad de 7,8 %, se requirieron 4,68 L de mezcla por cada 10 bloques. Considerando una concentración de 60 g de almidón por litro de agua, se utilizaron 280,8 g de almidón de yuca para dicho lote.

Para la mezcla con 8 % de almidón de yuca, correspondiente a un contenido óptimo de humedad de 8,30 %, se requirieron 4,98 L de mezcla por cada 10 bloques. Considerando una concentración de 80 g de almidón por litro de agua, se utilizaron 398,4 g de almidón de yuca por cada 10 bloques.

Para la mezcla con 10 % de almidón de yuca, correspondiente a un contenido óptimo de humedad de 12,45 %, se requirieron 7,47 L de mezcla por cada 10 bloques. Considerando una concentración de 100 g de almidón por litro de agua, se utilizaron 747,0 g de almidón de yuca por cada 10 bloques.

En total, se elaboraron 20 especímenes por cada dosificación estabilizada. Por tanto, el consumo aproximado de almidón de yuca fue de 561,6 g para la dosificación de 6 %, 796,8 g para la dosificación de 8 % y 1494,0 g para la dosificación de 10 %. En conjunto, se emplearon aproximadamente 2852,4 g de almidón de yuca para la elaboración de los especímenes estabilizados.

La inclusión de esta dosificación permite precisar la cantidad real de estabilizante empleada en el proceso experimental y facilita la replicabilidad del estudio. Asimismo, permite sustentar posteriormente el análisis de viabilidad económica del material, considerando que el consumo total de almidón fue reducido respecto al número de especímenes elaborados.

D. Preparación de la mezcla estabilizante

El almidón de yuca fue incorporado al proceso de elaboración mediante una solución acuosa. Para cada dosificación, el almidón fue mezclado con agua en las proporciones previamente calculadas y sometido a calentamiento controlado entre 85 °C y 95 °C.

El calentamiento se realizó con el propósito de favorecer la gelatinización del almidón y activar sus propiedades adhesivas. Este proceso permitió mejorar la capacidad ligante del estabilizante y facilitar su distribución dentro de la matriz

suelo-agua. La mezcla fue incorporada en estado caliente durante el proceso de mezclado, procurando una distribución homogénea del estabilizante en todo el material.

La preparación de la solución estabilizante fue controlada para evitar variaciones en la concentración de almidón entre lotes. De esta manera, cada grupo de especímenes fue elaborado con una dosificación definida y trazable, lo que permitió comparar los resultados mecánicos entre la muestra patrón y las mezclas estabilizadas.

E. Elaboración de especímenes

Se fabricaron un total de 80 especímenes de adobe compactado. La distribución experimental estuvo conformada por 20 bloques sin aditivo, considerados como muestra patrón, y 60 bloques estabilizados con almidón de yuca, distribuidos en tres grupos de 20 especímenes para las dosificaciones de 6 %, 8 % y 10 %.

Los bloques fueron elaborados mediante compactación mecánica utilizando una máquina tipo Brick Block. Este equipo permitió aplicar presión mecánica controlada sobre la mezcla, favoreciendo la densificación del material y reduciendo la variabilidad asociada a procesos manuales de fabricación.

Antes de la compactación, el suelo y la solución de almidón fueron mezclados hasta obtener una masa homogénea. Posteriormente, el material fue colocado en el molde de la máquina y compactado hasta conformar las unidades de adobe. Una vez elaborados, los especímenes fueron retirados cuidadosamente del molde para evitar fisuras tempranas o deformaciones.

Luego de su fabricación, los bloques fueron sometidos a un proceso de secado natural durante 28 días. Este período permitió reducir la humedad inicial de las unidades y estabilizar su comportamiento antes de la ejecución de los ensayos mecánicos. Todos los especímenes fueron mantenidos bajo condiciones similares de secado, con el fin de reducir la influencia de variables externas en los resultados obtenidos.

F. Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos se realizaron con el propósito de evaluar el desempeño resistente de los bloques elaborados. Se consideraron dos propiedades principales: resistencia a la compresión axial y resistencia a la flexión.

La resistencia a la compresión axial fue evaluada conforme a la norma UNE 41410 [10] para bloques de tierra comprimida. El ensayo consistió en aplicar carga progresiva sobre los especímenes hasta alcanzar la falla, registrando la carga máxima soportada por cada unidad. A partir de esta carga y del área de contacto del espécimen, se determinó la resistencia a la compresión axial.

La resistencia a la flexión fue evaluada mediante ensayos de carga transversal, considerando procedimientos empleados para unidades de mampostería conforme a ASTM C67 [11].

Este ensayo permitió determinar la capacidad del bloque para resistir esfuerzos de flexión, propiedad relevante para

analizar el comportamiento mecánico del material frente a sollicitaciones que generan tracción indirecta.

Los resultados de los ensayos fueron expresados en kg/cm^2 , con el fin de facilitar la comparación con los valores establecidos en la Norma Técnica E.080 y en la norma UNE 41410. Asimismo, se mantuvo consistencia en el uso de unidades de masa y dosificación, empleando g, kg, L y mL de acuerdo con el tipo de variable reportada.

G. Comparación normativa y análisis de datos

Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores mínimos establecidos por normas nacionales e internacionales aplicables a unidades de tierra y mampostería. Para la resistencia a la compresión axial, se consideraron como referencia la Norma Técnica E.080 y la norma UNE 41410. Para la resistencia a la flexión, se consideraron los valores normativos correspondientes utilizados como referencia en el estudio.

El análisis de datos se realizó mediante la comparación directa entre la muestra patrón y las mezclas estabilizadas con 6 %, 8 % y 10 % de almidón de yuca. Esta comparación permitió identificar la influencia del estabilizante sobre el comportamiento mecánico del adobe compactado.

Asimismo, se evaluó el cumplimiento de los valores mínimos exigidos por las normas consideradas, con el fin de determinar la viabilidad técnica del material propuesto. La dosificación con mejor desempeño fue identificada a partir de los valores máximos de resistencia a la compresión axial y a la flexión.

Finalmente, el análisis consideró la relación entre la dosificación del almidón de yuca, el contenido óptimo de humedad, la densidad alcanzada durante la compactación y los resultados mecánicos obtenidos. Esto permitió interpretar el efecto del estabilizante no solo desde el valor final de resistencia, sino también desde el proceso de preparación y compactación del material.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos de caracterización del suelo y ensayos mecánicos realizados sobre los bloques de adobe compactado.

A. Caracterización del suelo

El contenido de humedad natural del suelo fue de 12,40 %.

El análisis granulométrico por lavado indicó que 38,60 % del material pasa la malla N° 200, evidenciando una fracción significativa de finos.

Los límites de Atterberg obtenidos fueron: límite líquido de 25,83 %, límite plástico de 10,29 % e índice de plasticidad de 15,54 %.

Con base en estos resultados, el suelo fue clasificado como arena arcillosa (mezcla arena-arcilla) según el sistema SUCS, cumpliendo con los rangos adecuados para la

fabricación de bloques de tierra comprimida. En la Fig. 1 se presenta la curva granulométrica obtenida del ensayo realizado y en la Fig. 2 se presenta la carta de plasticidad del suelo analizado, en la cual se ubica el punto correspondiente a los límites de Atterberg obtenidos.

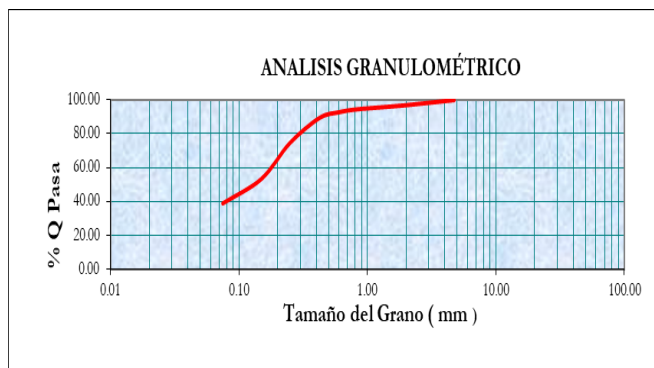


Fig. 1. Curva granulométrica del suelo analizado obtenida mediante ensayo de tamizado y lavado.

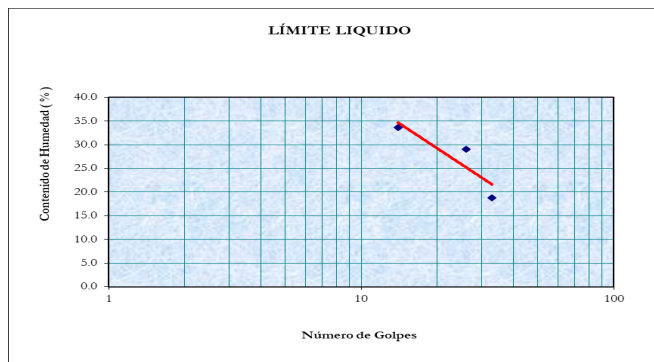


Fig. 2. Carta de plasticidad utilizada para la clasificación del suelo según el sistema SUCS, a partir de los límites de Atterberg obtenidos.

B. Ensayo Proctor modificado

Los resultados del ensayo Proctor modificado se presentan en la Tabla II. Se observa que la densidad máxima disminuye progresivamente con el incremento del contenido de almidón de yuca, mientras que el contenido óptimo de humedad aumenta para la dosificación del 10 %.

Se realizó el ensayo Proctor modificado con adición de almidón de yuca al 6%.

La dosificación de almidón fue en 1L de agua, el 6% de almidón de yuca en g, lo cual es 60g por cada litro de agua. Posterior a ello calentarse a fuego lento en una temperatura entre 85° y 95°. A continuación, se utilizaron los porcentajes del ensayo Proctor patrón para encontrar el punto máximo en la curva de densidad óptima.

Como resultado se obtuvo lo siguiente:

- Densidad máxima: 2,085 (gr/cm³)
- Humedad óptima: 7,80%

Se realizó el ensayo Proctor modificado con adición de almidón de yuca al 8%.

La dosificación de almidón fue en 1L de agua, el 8% de almidón de yuca en g, lo cual es 80g por cada litro de agua. Posterior a ello calentarse a fuego lento en una temperatura entre 85° y 95°. A continuación, se utilizaron los porcentajes del ensayo Proctor patrón para encontrar el punto máximo en la curva de densidad óptima.

Como resultado se obtuvo lo siguiente:

- Densidad máxima: 2.060 (gr/cm³)
- Humedad óptima: 8.30%

Se realizó el ensayo Proctor modificado con adición de almidón de yuca al 10%.

La dosificación de almidón fue en 1L de agua, el 10% de almidón de yuca en g, lo cual es 100g por cada litro de agua. Posterior a ello calentarse a fuego lento en una temperatura entre 85° y 95°. A continuación, se utilizaron los porcentajes del ensayo Proctor patrón para encontrar el punto máximo en la curva de densidad óptima.

Como resultado se obtuvo lo siguiente:

- Densidad máxima: 1.950 (gr/cm³)
- Humedad óptima: 12.45%

TABLA II
RESUMEN VALORES OBTENIDOS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD MÁXIMA (gr/cm ³)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
PATRÓN	2,135	8,30
ALMIDÓN DE YUCA 6 %	2,085	7,80
ALMIDÓN DE YUCA 8 %	2,060	8,30
ALMIDÓN DE YUCA 10 %	1,950	12,45

Nota: La adición de almidón de yuca influye en la relación densidad-humedad, incrementando el contenido óptimo de humedad en las mezclas con mayor dosificación

C. Resistencia a la compresión axial

Los resultados de resistencia a la compresión axial se presentan en la Tabla III.

Se observa que la dosificación del 10 % alcanza el valor más alto de resistencia (37,37 kg/cm²), superando tanto a la muestra patrón (33,53 kg/cm²) como a las demás dosificaciones.

La dosificación del 6 % presenta una reducción en la resistencia respecto a la muestra patrón, mientras que la dosificación del 8 % muestra valores similares.

TABLA III
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON ALMIDÓN DE YUCA COMO ESTABILIZANTE.

ÍTEM	TIPO DE BLOQUE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL f _b (kg/cm ²)
1	Adobe sin aditivo (PATRON)	33,53
2	Adobe + 6% almidón de yuca	20,02
3	Adobe + 8% almidón de yuca	32,62
4	Adobe + 10% almidón de yuca	37,37

Nota: La dosificación del 10 % presenta el mayor incremento en resistencia, evidenciando el efecto positivo del almidón de yuca como estabilizante.

D. Resistencia a la flexión.

Los resultados de resistencia a la flexión se presentan en la Tabla IV. Se observa que únicamente la dosificación del 10 % supera el valor obtenido por la muestra patrón, alcanzando 5,10 kg/cm², mientras que las dosificaciones de 6 % y 8 % presentan valores inferiores.

TABLA IV
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON ALMIDÓN DE YUCA COMO ESTABILIZANTE

ÍTEM	TIPO DE BLOQUE	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN f _r (kg/cm ²)
1	Adobe sin aditivo (PATRON)	4,88
2	Adobe + 6% almidón de yuca	2,98
3	Adobe + 8% almidón de yuca	2,57
4	Adobe + 10% almidón de yuca	5,10

Nota: La mejora en la resistencia a la flexión se evidencia únicamente en la dosificación del 10 %, lo que indica un comportamiento dependiente del contenido de estabilizante.

En la Fig. 3 se presenta la comparación de la resistencia a la compresión axial de los bloques de adobe compactado, donde se observa que la dosificación del 10 % de almidón de yuca alcanza el mayor valor de resistencia, superando tanto a la muestra patrón como a las demás dosificaciones.

En la Fig. 4 se muestra la variación de la resistencia a la flexión de los bloques de adobe compactado, evidenciándose que únicamente la dosificación del 10 % presenta una mejora respecto a la muestra patrón.

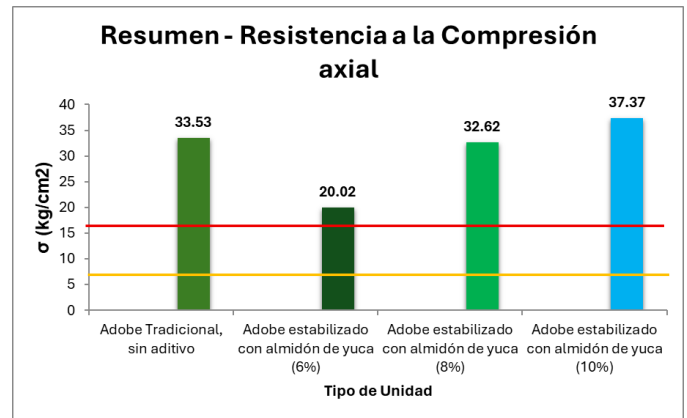


Fig. 3. Comparación de la resistencia a la compresión axial entre bloques de adobe sin aditivo y bloques estabilizados con 6 %, 8 % y 10 % de almidón de yuca.

COMPARATIVA CON NORMAS INTERNACIONALES

Resistencia sugerida por cada norma para resistencia a compresión

UNE 41410 (España) ≥ 20 kg/cm²

NTP E.080 [12] (Perú) ≥ 10 kg/cm²

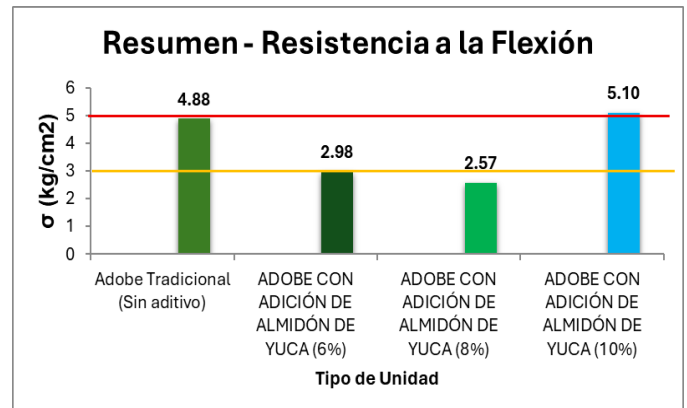


Fig. 4. Comparación de la resistencia a la flexión entre bloques de adobe sin aditivo y bloques estabilizados con 6 %, 8 % y 10 % de almidón de yuca.

COMPARATIVA CON NORMAS INTERNACIONALES

Resistencia sugerida por cada norma para resistencia a flexión

NMX-C-441 [13]. (México) ≥ 5 kg/cm²

NTP E.080 [12] (Perú) ≥ 3 kg/cm²

IV. DISCUSIÓN

Gracias a Dios, los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de almidón de yuca influye directamente en el comportamiento mecánico del adobe compactado. En particular, la dosificación del 10 % presenta el mejor desempeño tanto en resistencia a la compresión axial como a la flexión, lo que sugiere que el almidón actúa como un agente ligante efectivo que mejora la cohesión interna del material.

La disminución de la resistencia observada en la dosificación del 6 % indica que cantidades reducidas de estabilizante no son suficientes para generar un efecto significativo en la estructura del suelo. En contraste, el incremento progresivo hasta el 10 % permite mejorar la distribución de esfuerzos dentro del bloque, favoreciendo su desempeño mecánico.

En comparación con las normas técnicas, los valores obtenidos superan ampliamente los requisitos mínimos establecidos por la Norma Técnica E.080 ($\geq 10,2 \text{ kg/cm}^2$) y la norma UNE 41410 ($\geq 13,26 \text{ kg/cm}^2$), lo que demuestra la viabilidad del material para aplicaciones constructivas.

Desde el punto de vista económico, el almidón de yuca presenta un costo accesible en el contexto local, con un valor aproximado de 40 a 50 soles (moneda peruana) por saco de 25 kg. Considerando que el consumo total en esta investigación fue de aproximadamente 2,85 kg, el costo del estabilizante resulta bajo, lo que refuerza la viabilidad económica del material propuesto.

Estos resultados indican que el uso de almidón de yuca como estabilizante orgánico constituye una alternativa sostenible y técnicamente viable para mejorar las propiedades del adobe compactado, especialmente en contextos rurales donde se dispone de recursos naturales de bajo costo.

Si bien los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en las propiedades mecánicas del material, es importante considerar que el almidón de yuca es un compuesto orgánico susceptible a procesos de degradación con el tiempo, especialmente bajo condiciones de humedad o exposición ambiental. En este sentido, se recomienda que futuras investigaciones evalúen la durabilidad del material y su comportamiento a largo plazo, con el fin de determinar su desempeño frente a condiciones reales de servicio.

V. CONCLUSIONES

La incorporación de almidón de yuca mejora el comportamiento mecánico del adobe compactado, siendo la dosificación del 10 % la que presenta el mejor desempeño.

Los valores de resistencia obtenidos superan los requisitos establecidos por normas nacionales e internacionales, demostrando la viabilidad estructural del material.

El uso de almidón de yuca representa una alternativa económica y sostenible, debido a su bajo costo y disponibilidad local.

Se recomienda evaluar el comportamiento del material a largo plazo, así como su desempeño frente a condiciones ambientales y solicitaciones sísmicas.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Agradezco a DIOS JEHOVÁ DIOS DE LOS EJÉRCITOS, JESUCRISTO DE NAZARETH Y EL BENDITO AMADO ESPÍRITU GLORIOSO Y SANTO DE MI DIOS ALTÍSIMO Y TODOPODEROSO E INVENCIBLE por los resultados, el conocimiento y la fuerza que me dio para poder realizar este estudio al encontrar y crear (Dios lo ha creado porque no tiene antecedentes) un material compuesto eficiente, eficaz y óptimo debido a que encuentra un balance perfecto en ser sostenible estructuralmente, cumpliendo y superando los valores solicitados de resistencia mecánica por normativas nacionales e internacionales; económico, porque presenta un costo de fabricación despreciable al no emplear aditivos económicamente exigentes y tener un proceso de fabricación simple; y ecológico, al estar compuesto solo por la dosificación de arena y arcilla y ser estabilizado por el almidón de yuca que es un componente natural y fácil de conseguir y/o preparar.

REFERENCIAS

- [1] H. D. Cañola, A. Builes-Jaramillo, C. A. Medina, and G. E. González-Castañeda, "Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con aditivos bituminosos," *Tecnológicas*, vol. 21, no. 43, pp. 135–145, 2018.
- [2] V. M. de Oliveira et al., "Physicochemical characterization and properties of cassava starch: A review," *Polymers*, vol. 17, no. 12, 2025.
- [3] H. Houben and H. Guillaud, *Earth Construction: A Comprehensive Guide*. London, U.K.: Intermediate Technology Publications, 1994.
- [4] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Lima, Perú: INEI, 2017.
- [5] ASTM International, ASTM D2216: Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2019.
- [6] ASTM International, ASTM D1140: Standard Test Methods for Determining the Amount of Material Finer than 75- μm (No. 200) Sieve in Soils by Washing. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2017.
- [7] ASTM International, ASTM D6913/D6913M: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2017.
- [8] ASTM International, ASTM D4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2017.
- [9] ASTM International, ASTM D1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2021.
- [10] AENOR, UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008.
- [11] ASTM International, ASTM C67/C67M: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2021.
- [12] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *Norma Técnica E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima, Perú: MVCS, 2021.
- [13] ONNCCE, NMX-C-441-ONNCCE: Industria de la construcción—Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural—Especificaciones y métodos de ensayo. México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación.