

Compressive and Flexural Strength of Compacted Adobe whit the Addition of Aloe Vera Gel - Cajamarca 2022

Aniston Nadezhda Medina Herrera, Bach.¹ ; Juan Emmanuel Rojas Murrugarra, Bach.² ; and Orlando Aguilar Aliaga, Dr.³ 

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00039045@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00032512@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, orlando.aguilar@upn.edu.pe

Abstract – The purpose of this research is to determine the variation in the compressive and flexural strength of compacted adobe by adding aloe vera gel in percentages of 0%, 1%, 1.5% and 2%. As we know in Cajamarca it is a material widely used in rural areas, so by adding aloe vera gel we seek to improve its mechanical properties knowing that it is easily accessible, low cost and does not produce environmental pollution. We studied the soil of the Pariamarca - Cajamarca quarry, determining its moisture content, granulometric analysis and consistency limits, in order to classify it, then modified proctor tests were carried out to obtain the optimum moisture content for the production of the standard adobe and the addition of aloe vera gel. Sixty-four adobes were made with the CINVA RAM machine, of which 32 adobes were tested in compression and 32 adobes in flexure. The hypothesis was that the compressive and flexural strength of adobe compacted with the addition of aloe vera gel increases up to 5% of its strength. The results were partially satisfactory, the addition of aloe vera gel in percentages of 0%, 1%, 1.5% and 2% in the compacted adobe, improves its mechanical properties, in compressive strength by up to 28.14% with respect to the value found for the standard sample (without addition), in flexural strength by up to 46.58% with respect to the standard sample (without addition), in flexural strength by up to 46.58% with respect to the standard sample, presenting compression values of 32.69 kg/cm², 38.58 kg/cm² and 29.15 kg/cm² (the latter not complying with the hypothesis) and flexural values of 6.19 kg/cm², 7.09 kg/cm² and 5.66 kg/cm².

Keywords – Adobe compacted, aloe vera, compressive strength, flexural strength.

Resistencia a la Compresión y Flexión del Adobe Compactado con Adición de Gel de Aloe Vera – Cajamarca 2022

Aniston Nadezhda Medina Herrera, Bach.¹ ; Juan Emmanuel Rojas Murrugarra, Bach.² ; and Orlando Aguilar Aliaga, Dr.³ 

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00039045@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00032512@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, orlando.aguilar@upn.edu.pe

Resumen – Esta investigación tiene como fin determinar la variación de la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado al adicionar gel de aloe vera en porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 2%. Como sabemos en Cajamarca es un material muy utilizado en las zonas rurales, por lo que al adicionar gel de aloe vera buscamos mejorar sus propiedades mecánicas sabiendo que éste es de fácil acceso, bajo costo y no produce contaminación ambiental. Realizamos el estudio del suelo de la cantera Pariamarca – Cajamarca, determinando su contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de consistencia, para clasificarlo, luego se hicieron ensayos de proctor modificado para obtener el óptimo contenido de humedad para la elaboración del adobe patrón y al adicionar gel de aloe vera. Se elaboraron 64 adobes con la máquina CINVA RAM, de los cuales se ensayaron 32 adobes a compresión y 32 adobes a flexión. La hipótesis plantea que la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición de gel de aloe vera incrementa hasta el 5% de su resistencia. Los resultados fueron parcialmente satisfactorios, la adición de gel de aloe vera en porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 2% en el adobe compactado, mejora sus propiedades mecánicas, en resistencia a compresión hasta en 28.14% con respecto al valor encontrado para la muestra patrón (sin adición), en resistencia a flexión hasta en un 46.58% con respecto a la muestra patrón, presentando los valores a compresión de 32.69 kg/cm², 38.58 kg/cm² y 29.15 kg/cm² (siendo este último el que no cumple con la hipótesis) y los de flexión 6.19 kg/cm², 7.09 kg/cm² y 5.66 kg/cm².

Palabras Clave – Adobe compactado, aloe vera, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

I. INTRODUCCIÓN

El adobe es uno de los materiales más antiguos y populares del mundo para la construcción de edificaciones, su uso se remonta a más de 10 mil años en las más variadas zonas y climas del planeta; en el antiguo Egipto se usó frecuentemente este material elaborado con limo del Nilo en la construcción de casas, palacios, tumbas y otras edificaciones importantes. [1]

En América Latina la arquitectura de tierra es de suma importancia por su desarrollo específico, por el lugar que ocupan y lo que representan dentro del país en los centros históricos, esto se aprecia en distintos países como México, Perú y Colombia donde las construcciones de adobe son patrimonio para la comunidad, ya que se conserva como

tradición. Los materiales disponibles y las expresiones de las diferentes culturas generaron diversas técnicas constructivas que emplearon tierra con exclusividad o en combinación con otros materiales de procedencia vegetal, animal o mineral. [2]

La ciudad de barro más grande de América se encuentra en Perú, ubicada a la costa norte, entre la ciudad de Trujillo y el balneario Huanchaco que lleva por nombre “Chan – Chan” perteneciente a la cultura Chimú, esta ciudad albergaba más de 100 000 personas dentro de sus muros, los cuales eran más anchos en la base y angostos en la cima. Actualmente en el país, se realiza pruebas de mezclas, técnicas constructivas y resistencia para diseñar casas seguras ante sismos, por lo que al añadir diversos materiales como gravas, arena, conchas y otros elementos permiten que el adobe no se agriete al secarse y presente mejor resistencia en su albañilería. [3]

Según [4] Cajamarca ocupa el tercer lugar a nivel departamental en el uso de adobe en las paredes exteriores de las viviendas con 264 mil 310 viviendas esto significa un 70,3% de la población [4]. En esta ciudad se encuentran dos edificaciones representativas construidas con este material que a pesar del tiempo, tecnología y acción del hombre sobre la naturaleza aún se conservan, siendo estas La iglesia “San José” y la Casa de Toribio Casanova. [5]

TABLA 1
VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2007 Y 2017

Departamento	Censo 2007		Censo 2017	
	Absoluto	%	Absoluto	%
Ayacucho	108 648	68.7	107 647	62.1
Cajamarca	249 578	76.7	264 310	70.3
Cusco	223 575	76.2	217 794	67.3
Huánuco	107 753	61.4	104 930	55.3

En la tabla 1 se observa la Encuesta Nacional de Hogares del año 2017

En la ciudad de Cajamarca el uso del adobe es necesario para las personas especialmente que viven en zonas rurales, ya que la mayoría están faltas de vivienda, este material nos permite darle un buen manejo en el aspecto económico, sin embargo debido a que su uso se viene realizando a través de los años de manera empírica, este no muestra seguridad válida para

Identificador de Objeto Digital:(sólo para trabajos completos, insertados por LACCEI).
ISSN, ISBN:(a insertar por LACCEI).
NO QUITAR

los pobladores, por qué no cuentan con un sustento el cual pueda darnos un conocimiento exacto de las propiedades que este tiene y cuán resistentes son para prevenir sismos o diferentes eventos climatológicos como las lluvias y fuertes vientos. Por ello, hace décadas se realizan estudios en donde se busca mejorar las propiedades mecánicas del adobe en relación con lo mencionado anteriormente.

La presente investigación tiene como objetivo general determinar la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de gel de aloe vera. Y como objetivos específicos estimar las propiedades del suelo apto para la elaboración de adobes compactados, usando material (suelo) de la cantera Pariamarca, elaborar adobes compactados con y sin adición de gel de aloe vera y calcular la resistencia a la compresión y flexión axial de adobes compactados con y sin adición de gel de aloe vera.

Por tanto, la formulación de problema es ¿En cuánto varía las propiedades mecánicas del adobe compactado al adicionar gel de aloe vera?

Por consiguiente, la pregunta de investigación conlleva al planteamiento de la hipótesis, la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con adición de gel de aloe vera incrementa hasta el 5% de su resistencia.

Por lo tanto, está investigación se justifica teniendo claros los conceptos básicos del tema y debido a que el adobe es conocido como un material aún utilizado en la región Cajamarca principalmente en las zonas rurales, esta investigación busca dar una mejora a las propiedades mecánicas de éste al incorporar el gel de aloe vera, ya que en la región éste material es propio de la zona por lo tanto es de fácil acceso y bajo costo, también se busca dar a conocer que al utilizar este material no hay contaminación en el medio ambiente ya que éste por medio de un proceso natural de degradación se va eliminando sin producir daños.

En la búsqueda de la mejora de las propiedades del adobe se han encontrado distintas investigaciones internacionales como la de [6], que en su artículo científico “Ladrillos de adobe reforzados con desechos de papel y pulpa que mejoran las propiedades térmicas y mecánicas” se enfoca en reforzar este material con residuos de la industria papelera y celulosa con el objetivo de demostrar la factibilidad de éste, al variar estos componentes en diferentes porcentajes en donde obtuvo que la resistencia a la compresión se incrementa hasta en un 190% para el 12.5% de reemplazo de celulosa. En otra investigación [7], en su artículo “Mejorar la sostenibilidad de las casas rurales de adobe de las colinas mediante la adición de refuerzo de fibras vernáculos” utilizaron variaciones de fibra de 0,5%, 1%, 1,5% y 2%. Las pruebas de resistencia a la compresión se hicieron a los 07, 14, 28, 56 y 90 días de fundición, en donde la resistencia aumenta entre un 131-145% al adicionar la fibraP (Roxburghii) y 225-235% con adición de fibraG (Optivia). Así también [8], en su artículo “Uso de subproductos como aditivos en adobes: Caracterización de propiedades mecánicas”

utilizaron subproductos como la planta de maíz, la festuca, la paja, los huesos de aceituna molidos, las migas de caucho y el poliuretano para mejorar las propiedades, estos lograron una mejora máxima del 89% y 26% de la resistencia a la flexión en los tipos de planta de maíz y festuca, respectivamente; por otro lado, la mayor resistencia a la compresión la logra la festuca con 2.6818 N/mm².

A nivel del Perú también se han realizado distintas investigaciones buscando una mejora en las propiedades del adobe como la tesis “Diseño de un bloque de adobe compactado con adición de viruta de madera para mejorar la resistencia a la compresión, Lamas 2020” cuyo objetivo mejorar la resistencia a la compresión adicionando viruta de madera en dosificaciones de 0%, 2.5%, 5% y 7% al adobe compactado, sus resultados promedios a los 14 días fueron 6.30 kg/cm², 7.92 kg/cm², 10.05 kg/cm² y 13.08 kg/cm² demostrando que no existe una mejora considerable [9]. [10], también realizó una investigación “Evaluación experimental del comportamiento de muros de adobe reforzados con cuerdas sometidos a carga lateral cíclica” del cual su objetivo fue contribuir a mitigar el alto riesgo sísmico de las construcciones de adobe de dos pisos mediante el uso de refuerzos con cuerdas, teniendo como resultado que es posible la mejora ante cargas cíclicas laterales de muros de mampostería de adobe al proveerlos de un refuerzo externo con malla de cuerdas. Así como en la tesis de “Propuesta de adición de fibras de bagazo de caña en bloques de tierra comprimida estabilizados con cemento para su uso como unidad de albañilería en la construcción de viviendas rurales resistentes a las lluvias en la ciudad de Piura” concluyeron que la dosis de 4% de cemento y 0.75% de fibra de bagazo de caña son las más óptimas para utilizar esta mezcla de materiales ya que se obtuvo el mejor desempeño tanto en resistencia a la compresión y flexión en estado seco (2.31 y 0.66 Mpa respectivamente) como también en estado saturado (1.65 y 0.41 Mpa respectivamente), además de tener daños leves y una menor absorción de agua en las pruebas físicas [11].

A nivel de Cajamarca también se han realizado distintas investigaciones de éste tema como es el caso de [12], en la tesis “Propiedades Mecánicas Y Absorción Del Adobe Compactado Al Incorporar Polímero Natural De Penca, Cajamarca 2018” con el objetivo de determinar las propiedades mecánicas y absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca en porcentajes del 5%, 6% y 7%; obteniendo como resultados de resistencia a la compresión 23.61 kg/cm², 24.07 kg/cm² y 23.19 kg/cm² respectivamente; y resistencia a la flexión 18.46 kg/cm², 21.38 kg/cm² y 15.36 kg/cm². En la tesis de [13], “Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017” el objetivo de determinar las resistencia mecánica del adobe adicionando 1”, 2”, y 3” de longitud de paja toquilla; obteniendo como resultado que la paja toquilla incrementa los resultados en la cual el tamaño óptimo para la resistencia a la compresión es de 1” de paja toquilla alcanzando una resistencia de 32.643 kg/cm² y para la flexión el tamaño que logra mayor resistencia es de 3” pulgadas de paja toquilla que alcanza una resistencia máxima de 20.277 kg/cm². También la tesis

“Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada” con el objetivo de determinar la resistencia a la compresión y flexión reemplazando 5%, 10% y 15% de cerámica triturada, como resultado para el ensayo de flexión se obtuvo 30.86 kg/cm² con el reemplazo del 5% siendo éste el más favorable, mientras que para el ensayo de compresión no hubo resultados favorables ya que todos disminuyeron su resistencia ante el adobe patrón [14].

En la presente investigación se van a realizar diferentes ensayos en el laboratorio de suelos, iniciamos obteniendo el Contenido de Humedad con unas muestras de suelo natural, donde se obtiene la cantidad de agua, y se determina como la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso seco, este resultado se expresa en porcentaje [15]. Luego procedemos a realizar el Ensayo de Granulometría por el Método de Lavado, éste ensayo consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos [16]. Después se realizará el ensayo de los límites de Atterberg o Límites de Consistencia que nos permiten determinar la facilidad con la cual un suelo puede ser deformado, primeramente, el límite líquido que es el contenido de humedad en el cual el suelo se halla entre el límite líquido y plástico, y el límite plástico que es el contenido de humedad, el cual el suelo se halla en el límite entre estado plástico y semisólido. Luego se calcula el Índice de Plasticidad que es la diferencia entre ambos límites [17].

Seguidamente se realizará el ensayo de Compactación Proctor Modificado Método A, éste determina la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado, es decir se determinar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca [18], tanto para muestra patrón como para los diferentes porcentajes del gel de aloe vera. Finalmente se hará la elaboración de los adobes para así realizar los ensayos de Resistencia a la Compresión, que se define como el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento [19]. El ensayo de Resistencia a la flexión o resistencia a la rotura es una propiedad que se define como la tensión máxima en un material justo antes de que esta ceda en un ensayo de flexión [20].

II. CONSEJOS ÚTILES

El tipo de investigación será experimental de tipo aplicada, experimental porque lleva un control en las variables al momento de medir el comportamiento del material sometido a un ensayo; aplicada ya que el propósito es realizar ensayos, procesos y procedimientos mediante normas de laboratorio.

La unidad de estudio es el adobe compactado. Las dimensiones que tendrá el adobe para el ensayo de flexión será de 30 x 15 x 10 cm, y para el ensayo de compresión será 15 x 15 x 10 cm.

La población es igual a la muestra, para este caso el total será de 64 adobes compactados preparados con distintas

dosificaciones 0%, 1%, 1.5% y 2% de gel de aloe vera siguiendo la norma E.080.

La muestra es no probabilística, por ello se calculó de acuerdo con la norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, el cual nos indica que los cubos de adobe deben cumplir con un mínimo de 6 adobes para ensayo a compresión y cumplir con una resistencia mínima de 10.2 kg/cm² o 1.0 MPa, por ello en la presente investigación se optó por 8 unidades de adobe para cada porcentaje de gel de aloe vera. Para el ensayo a flexión se tomó en cuenta la muestra mínima del ensayo a compresión para el cual se elaboraron 8 unidades para flexión para cada porcentaje de gel de aloe vera el cual debe cumplir con una resistencia mínima de 0.81 kg/cm² o 0.08 MPa. En total se realizaron 64 unidades de adobe estabilizado con gel de aloe vera y adobes patrón.

TABLA 2
MUESTRA PARA LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN

Tipo de adobes	Cantidad de adobes	
	Flexión	Compresión
Adobe patrón	8	8
Adobe con adición del 1% del gel de aloe vera	8	8
Adobe con adición del 1.5% del gel de aloe vera	8	8
Adobe con adición del 2% del gel de aloe vera	8	8
TOTAL DE ADOBES	32 adobes	32 adobes
	64 adobes	
Se realizan 8 adobes por cada tipo para garantizar confiabilidad en los resultados.		

TABLA 3
MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS QUE SE UTILIZARON PARA LOS ENSAYOS

Ensayos	Métodos	Instrumentos	Materiales
Ensayos de suelo	Experimento	Tamices, taras, balanza, protocolos, pistón, molde, brochas, cepillos, copa de casagrande, espátula, cámara fotográfica, tinas. Máquina de ensayos a compresión y flexión.	200kg de tierra, papel filtro, agua
Flexión y compresión	Experimento		Adobes, carretilla

Los materiales, instrumentos y métodos que se detallan son utilizados para el trabajo eficiente de cada ensayo realizado.

Para la extracción del material se utilizó un muestreo IN SITU para muestras alteradas. Para el muestreo de material en el laboratorio se utilizó el método del cuarteo para obtener una muestra representativa de un adecuado tamaño para poder

realizar ensayos de laboratorio y determinar las propiedades del suelo a emplear en la elaboración de adobes compactados. Para la elaboración de la investigación se determinará la resistencia a la compresión y flexión, con adición de gel de aloe vera en porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 2%, mediante los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio, estos serán plasmados en los protocolos de la universidad y procesados en el Programa Microsoft Excel para tener una mejor precisión en la obtención de resultados.

El procedimiento de recolección de datos se realizó partiendo de la extracción del suelo y el aloe vera para los respectivos ensayos en laboratorio.

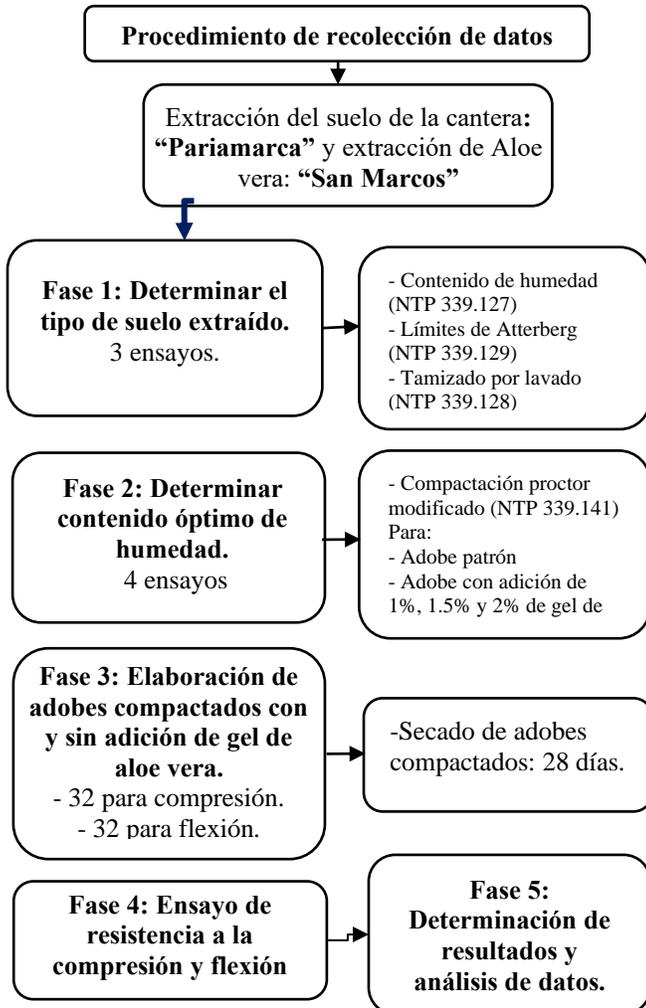


Fig. 1 Procesamiento de datos para obtener los resultados de la investigación.

Nota: La figura 1 muestra el procedimiento de recolección de datos hasta determinar el objetivo de la investigación.

III. UNIDADES

A continuación, presentamos todos los resultados obtenidos en el laboratorio, a través de los ensayos y plasmados en los protocolos de la universidad.

Se muestran resultados desde la clasificación del suelo hasta los ensayos de compresión y flexión de los adobes compactados con y sin adición de gel de aloe vera.

TABLA 4

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		T-1	T-2	T-3
B	Peso del Recipiente	gr	27.27	28.69	28.23
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	91.06	95.10	87.03
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	83.64	88.06	80.99
E	Peso del Agua	gr	7.42	7.04	6.04
F	Peso Suelo Seco	gr	56.37	59.37	52.76
W%	Porcentaje de humedad	%	13.17	11.86	11.45
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		12.16	

El resultado obtenido en el ensayo de contenido de humedad del suelo es 12.16%

TABLA 5

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	M-1	M-2	M-3
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	44.13	38.37	40.47
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	40.39	35.57	37.85
D	Peso de Recipiente	gr	30.89	28.38	31.16
E	Peso del Agua (B - C)	gr	3.70	2.80	2.62
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	9.50	7.19	6.69
G	Número de Golpes	N	11	22	34
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	39.37	38.94	39.16

El resultado obtenido para el ensayo de límite líquido es 39.11%

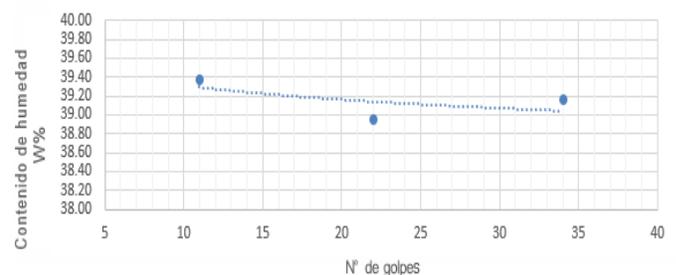


Imagen 1 Gráfico de datos obtenidos en el ensayo de límite líquido

Nota: En la imagen 1 se muestra el límite líquido que se encuentra en la intersección de 25 golpes.

TABLA 6

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación de Recipiente	Nº	M-4	M-5	M-6
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	32.04	29.26	25.18
C	Suelo Seco + Tara	gr	31.48	28.87	24.69

D	Peso de Tara	gr	28.42	26.90	22.25
E	Peso del Agua (B – C)	gr	0.56	0.39	0.49
F	Peso Suelo Seco (C – D)	gr	3.06	1.97	2.44
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	18.30	19.80	20.08
H	Promedio Límite Plástico			19.39	

El resultado obtenido para el ensayo de límite plástico es 19.39%, entonces obtenemos un índice de plasticidad de 19.72%

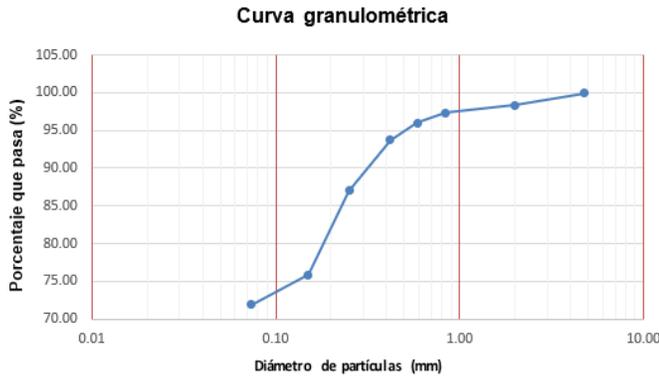


Imagen 2 Gráfico de datos obtenidos en el ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Nota: El porcentaje que se obtuvo que pasa por el tamiz N°200 = 71.93%

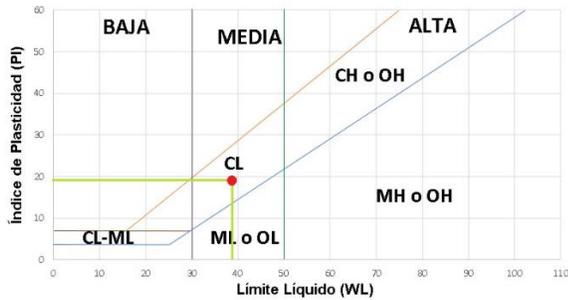


Imagen 3 Carta de plasticidad (Clasificación mediante SUCS)

Nota: Con los resultados obtenidos a partir de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg se procedió a clasificar el suelo en la carta de plasticidad según SUCS, teniendo un valor de 71.93% que pasa por la malla n°200 (suelo fino) se clasificó el suelo directamente obteniendo como resultado una arcilla de baja plasticidad, por lo que según la clasificación SUCS es un suelo tipo CL.

A través del ensayo de Proctor Modificado obtuvimos los óptimos contenidos de humedad para los adobes compactados con y sin adición de gel de aloe vera.

- En el Proctor modificado para el adobe patrón se obtuvo una densidad seca máxima 1.73 gr/cm^3 y una humedad óptima de 19%.
- En el Proctor modificado para el adobe con adición de 1% de gel de aloe vera se obtuvo una densidad seca máxima 1.83 gr/cm^3 y una humedad óptima de 16.65%.
- En el Proctor modificado para el adobe con adición de 1.5% de gel de aloe vera se obtuvo una densidad seca máxima 1.76 gr/cm^3 y una humedad óptima de 16.40%.

- En el Proctor modificado para el adobe con adición de 2% de gel de aloe vera se obtuvo una densidad seca máxima 1.73 gr/cm^3 y una humedad óptima de 15.85%.

TABLA 7
RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)
Adobe compactado muestra patrón	30.11
Adobe compactado con 1% de Aloe Vera	32.69
Adobe compactado con 1.5% de Aloe Vera	38.58
Adobe compactado con 2% de Aloe Vera	29.15
Adobe tradicional según Norma E-080	10.2

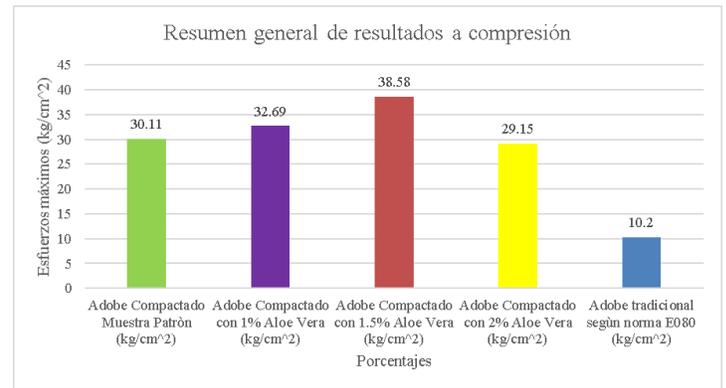


Imagen 4 Resumen general de resultados a flexión

Nota: En la Imagen N° 4 se muestran los resultados a compresión en el que predomina el Adobe compactado con adición de 1.5% de gel de Aloe Vera.

TABLA 8
RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS A FLEXIÓN

descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)
Adobe compactado muestra patrón	4.84
Adobe compactado con 1% de Aloe Vera	6.19
Adobe compactado con 1.5% de Aloe Vera	7.09
Adobe compactado con 2% de Aloe Vera	5.66
Adobe tradicional según Norma E-080	0.81

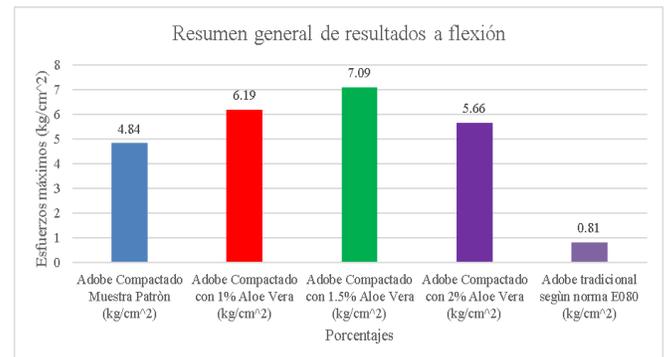


Imagen 5 Resumen general de resultados a flexión

Nota: En la Imagen N° 5 se muestran los resultados a compresión en el que predomina el Adobe compactado con adición de 1.5% de gel de Aloe Vera.

Dentro de las limitaciones no se ha realizado el estudio de las propiedades del gel de aloe vera que se utilizó en la presente investigación.

Se analizaron los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio y se evaluó la resistencia a compresión y flexión de los adobes compactados con y sin adición de gel de Aloe Vera.

Los adobes compactados con adición de gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% al adobe compactado tienen una resistencia a la compresión de 32.69 kg/cm², 38.58 kg/cm² y 29.15 kg/cm² respectivamente y el adobe sin adición llega a 30.11 kg/cm², superando el esfuerzo mínimo a compresión de 10.20 kg/cm² que presenta la norma E.080.

Los esfuerzos de compresión máximos obtenidos sin y con adición de gel de Aloe Vera son 30.11 kg/cm² y 38.58 kg/cm² respectivamente, siendo estos resultados mayores que los obtenidos en la tesis de “Propiedades Mecánicas y Absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca, Cajamarca 2018” de [12], 2018 que obtuvo 14.55 kg/cm² y 24.07 kg/cm². Pero al comparar el porcentaje de incremento de resistencia respecto a la muestra patrón, la adición de polímero de penca tiene un mayor incremento (64.3%) que el Aloe Vera (28.14%).

El incremento del esfuerzo promedio máximo de compresión con adición de 1.5% de Aloe Vera (28.14%) fue menor que el resultado obtenido por [13], 2017 en su tesis “Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017”, en dónde al agregar paja toquilla de 3 pulgadas se incrementó la resistencia a la compresión hasta en un 40.93%, esto se debe al tipo de adición.

Al adicionar más porcentaje de Aloe Vera a las unidades de adobe, este disminuye la resistencia a la compresión, esto se observa en el 2% de adición, en dónde respecto al adobe patrón la resistencia a la compresión disminuye hasta un 3.19%.

Los adobes compactados con adición de gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% al adobe compactado tienen una resistencia a la flexión de 6.19 kg/cm², 7.09 kg/cm² y 5.66 kg/cm² respectivamente y el adobe sin adición llega a 4.84 kg/cm², superando el esfuerzo mínimo a flexión de 0.81 kg/cm² que presenta la norma E.080.

La resistencia a flexión del adobe compactado con adición de 1%, 1.5% y 2% de gel de aloe vera aumenta en 27.97%, 33.90%, 7.22% con respecto a la del adobe compactado sin adición, estos valores son mayores que los resultados obtenidos por [12], 2018 en su tesis “Propiedades Mecánicas y Absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca, Cajamarca 2018”, que al agregar un 6% del polímero obtuvo un incremento máximo en la resistencia de 24.73% con respecto al adobe patrón.

En las implicancias, buscamos difundir a que se realicen nuevas investigaciones con otras especies de aloe vera, así también fomentar investigaciones que usen el gel de aloe vera adicionando dosificaciones de otros materiales como fibras de paja, coco, plátano, etc.

IV. CONCLUSIONES

La variación de la resistencia a la compresión al adicionar gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% al adobe compactado con respecto al adobe patrón es 8.58%, 28.14% y -3.19% respectivamente.

La variación de la resistencia a la flexión al adicionar gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% al adobe compactado con respecto al adobe patrón es 27.97%, 46.58% y 17.08% respectivamente.

La adición de gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% al adobe compactado aumentan la resistencia a la compresión en 32.69 kg/cm², 38.58 kg/cm² y 29.15 kg/cm² respectivamente, y el adobe sin adición llega a 30.11 kg/cm², siendo estos valores mayores a los que especifica la norma E.080, el cual indica una resistencia mínima de 10.2 kg/cm².

La adición de gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% al adobe compactado aumentan la resistencia a la flexión en 6.19 kg/cm², 7.09 kg/cm² y 5.66 kg/cm² respectivamente, y el adobe sin adición llega a 4.84 kg/cm², siendo estos valores mayores a los que especifica la norma E.080, el cual indica una resistencia mínima de 0.81 kg/cm².

Se estimaron las propiedades del suelo donde se obtuvo un contenido de humedad de 12.16%, límite líquido 39.11%, límite plástico 19.39%, índice de plasticidad de 19.72% y una granulometría donde el porcentaje que pasa la malla N° 4 es igual a 99.96% y menos del 71.93% pasa la malla N° 200. Por tanto, es un suelo arcilloso de baja plasticidad apto para realizar adobes compactados.

Se realizó ensayos de Proctor modificado con y sin adición de gel de aloe vera en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% donde se obtuvo una densidad seca máxima de 1.73 gr/cm³ y una humedad óptima de 19% para la muestra sin adición, una densidad seca de 1.83 gr/cm³ y una humedad óptima de 16.65% para 1% de gel de aloe vera, una densidad seca de 1.76 gr/cm³ y una humedad óptima de 16.40% para 1.5% de gel de aloe vera, una densidad seca de 1.73 gr/cm³ y una humedad óptima de 15.85% para 2% de gel de aloe vera.

La hipótesis planteada cumple parcialmente, ya que, los ensayos demostraron que el incremento de la resistencia a compresión axial al agregar gel de aloe vera en porcentajes de 1% es de 8.58%, 1.5% es de 28.14% y 2% que reduce en un 3.19% con respecto a la muestra patrón; siendo este último el que no cumple; en cambio, en el ensayo de flexión el incremento de la resistencia con porcentajes de 1% es de 26.11%, 1.5% es de 45.08% y 2% es de 16.24% con respecto a la muestra patrón cumpliendo con la hipótesis planteada.

REFERENCIAS

- [1] Soares, A. (2012). *Ecocosas*. Obtenido de <https://ecocosas.com/construccion/el-adobe/>
- [2] Díaz, M., Parada, H., & Alvarado, M. (2019). Usos del adobe en diferentes países de América Latina. *Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*. doi:<https://doi.org/10.25213/2216-1872.22>
- [3] Cuadra, P., & Vidal, A. (2021). SHICRA Redes de la Tecnología Andina. Obtenido de <https://clubescyt.concytec.gob.pe/shicra/adobe/>
- [4] INEL. (2017). Características de las viviendas particulares censadas.
- [5] Briones, D. (2018). Construcciones de edificaciones notables de material de adobe en la ciudad de Cajamarca. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/368514372/Construcciones-de-Adobe-en-Cajamarca>
- [6] Muñoz, P., Letelier, V., Muñoz, L., & Bustamante, M. (2020). Ladrillos de adobe reforzados con desechos de papel y pulpa que mejoran las propiedades térmicas y mecánicas. Chile: *ELSERVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314>
- [7] Sharma, V., Vinayak, H., & Marwaha, B. (2015). Mejorar la sostenibilidad de las casas rurales de adobe de las colinas mediante la adición de refuerzo de fibras vernáculas. India: *ELSEVIER*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jjsbe.2015.07.002>
- [8] Serrano, S., Barreneche, C., & Cabeza, L. F. (2016). Uso de subproductos como aditivos en adobes: Caracterización de propiedades mecánicas. España: *ELSEVIER*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.044>
- [9] Rojas, F. (2020). Diseño de un bloque de adobe compactado con adición de viruta de madera para mejorar la resistencia a la compresión, Lamas 2020. Tarapoto: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60331>
- [10] Valle, A. (2019). EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS DE ADOBE REFORZADOS CON CUERDAS SOMETIDOS A CARGA LATERAL CÍCLICA. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14632/VALLE_CASTRO_ANGELY_PAOLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [11] Cabrera, M., & Tello, J. (2022). "Propuesta de adición de fibras de bagazo de caña en bloques de tierra comprimida estabilizados con cementopara su uso como unidad de albañilería en la construcción de viviendas rurales resistentes a las lluvias en la ciudad de Piura". Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/659384>
- [12] Díaz, J. (2018). Propiedades Mecánicas Y Absorción Del Adobe Compactado Al Incorporar Polímero Natural De Penca, Cajamarca 2018. Tesis de titulación, Cajamarca. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/14758>
- [13] Lobato, N. (2017). Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de paja toquilla – Cajamarca 2017. Tesis de titulación, Cajamarca. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/14765>
- [14] Antinori, L. (2018). "RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO CON REEMPLAZO DE CERÁMICA TRITURADA". Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/14068>
- [15] Norma Técnica Peruana NTP 339.127. (1998). Contenido de humedad. Lima. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO
- [16] Norma Técnica Peruana NTP 339.128. (1999). Ensayo de Granulometría por el método de lavado. Lima. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO
- [17] Norma Técnica Peruana NTP 339.129. (1999). Límites de plasticidad. Lima. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-piura/mecanica-de-suelos/ntp-339129-limites-de-plasticidad/19842015>
- [18] Norma Técnica Peruana NTP 339-141. (1999). Proctor Modificado Método A. Lima. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO
- [19] INSTRON. (2020). INSTRON. Obtenido de <https://www.instron.com/es/resources/glossary/c/compressive-strength>
- [20] MAREA BRAVA. (2022). MAREA BRAVA LIBRARY. Obtenido de MAREA BRAVA: <https://mareabravacostarica.com/resistencia-a-la-flexi%c3%b3n/>
- [21] Briones, T., & Estrada, W. (2018). Compresión del adobe compactado con fibras de paja ichu, paja de arroz y paja de trigo. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- [22] Domínguez, R., Arzate, I., & Chanona, J. (Abril de 2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista mexicana de ingeniería química*, XI(1), 52-55. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003
- [23] Mejía, I. (2014). Tesis "Adobe estabilizado y compactado en Cajamarca-2014". Cajamarca.
- [24] (2012). Norma CE. 020 "Estabilización de suelos y taludes". Lima. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/17fVBZR6_fif7E54inNgMjN9OLM0U6_0s_/view
- [25] (2017). Norma E. 080 "Diseño y construcción con tierra reforzada". Lima. Obtenido de <https://investigacion.pucp.edu.pe/grupos/ctierra/noticia-evento/publicacion-la-norma-e-080-diseno-construccion-tierra-reforzada-rne-peru/>
- [26] Ramírez, G. (2003). Sábila (Aloe vera). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-SabilaAloeVera-4956300.pdf>
- [27] Ríos, E. (2010). Efecto de la adición de látex y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado. México.