



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionando
ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel,
Puno – 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Ortiz Alarcón, Guido Solano (ORCID: 0000-0001-9674-0932)

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-0523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios que nunca me ha desamparado, a mis padres que me dieron el milagro de la vida, a mi hermana por su apoyo incondicional, a mi pareja por su ejemplo de perseverancia y a mi hijo que se encuentra creciendo en el vientre materno, motivo de mi superación.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradecer a la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente, al Mg. Ing. Carlos Danilo Minaya Rosario por su asesoría para la realización de este trabajo y a mi padre por sus sabios consejos para afrontar las adversidades de la vida.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimientos.....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS	43

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Número de muestras con adición de CHL en porcentajes.</i>	16
Tabla 2. <i>Clasificación del tipo de suelo de la cantera seleccionada</i>	28
Tabla 3. <i>Resumen de resultados del ensayo de conductividad térmica</i>	29
Tabla 4. <i>Resumen de resultados de ensayo a compresión</i>	30
Tabla 5. <i>Resumen de resultados de ensayo a flexión</i>	32

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Ciudadela de barro Chan Chan, Perú.....	10
<i>Figura 2.</i> Dimensiones típicas del adobe	11
<i>Figura 3.</i> Esquema del flujo de calor a través de una superficie	12
<i>Figura 4.</i> Horno ladrillero artesanal.....	13
<i>Figura 5.</i> Procedimiento de aplicación..	18
<i>Figura 6.</i> Ubicación de la cantera..	19
<i>Figura 7.</i> Tamizado del suelo en cantera	20
<i>Figura 8.</i> Dosificación de CHL	20
<i>Figura 9.</i> Homogenización de la pasta de tierra	21
<i>Figura 10.</i> Moldeado y desmoldado.....	21
<i>Figura 11.</i> Proceso de secado de las unidades de adobe.....	22
<i>Figura 12.</i> Ubicación geográfica del distrito de San Miguel.....	24
<i>Figura 13.</i> Ubicación geográfica del lugar de estudio.	25
<i>Figura 14.</i> Hornos para elaboración de ladrillos artesanales.....	25
<i>Figura 15.</i> Acopio de ceniza de hornos ladrilleros	25
<i>Figura 16.</i> Selección de la cantera para extraer material	26
<i>Figura 17.</i> Prueba de cinta de barro para verificar presencia de arcilla	26
<i>Figura 18.</i> Proceso de tamizado de muestra de suelo de la cantera seleccionada	26
<i>Figura 19.</i> Curva granulométrica del suelo de la cantera seleccionada	27
<i>Figura 20.</i> Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico	27
<i>Figura 21.</i> Equipo de placa para ensayo de conductividad térmica.....	28
<i>Figura 22.</i> Comportamiento térmico en adobes con adición de CHL.....	29
<i>Figura 23.</i> Ensayo de resistencia a la compresión	30
<i>Figura 24.</i> Muestra del adobe con la resistencia alcanzada a compresión..	30
<i>Figura 25.</i> Resultados del ensayo a compresión	31
<i>Figura 26.</i> Ensayo de resistencia a la flexión	31
<i>Figura 27.</i> Muestra del adobe con la falla a flexión.....	31
<i>Figura 28.</i> Resultados del ensayo de resistencia a flexión.....	32

RESUMEN

Desde inicios de las civilizaciones el adobe ha sido el principal material de construcción hasta la actualidad ya que su elaboración y proceso constructivo es bastante económico, por ese motivo es muy común ver construcciones con este material en nuestro medio. La presente investigación tuvo por finalidad adicionar la ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL) en porcentajes de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% para la mejorar las propiedades térmicas y mecánicas del adobe, para lo cual se elaboraron unidades de adobe de 32x16x8 cm para ser ensayados a conductividad térmica, ensayo de resistencia a compresión y flexión. Los resultados del adobe adicionados con CHL mostraron una disminución de la conductividad térmica de 0.96 W/m°C hasta 0.88 W/m°C (4.5% CHL) que representa una mejora del 8.33%, en la resistencia a compresión el valor se incrementó de 25.70 kg/cm² hasta 31.60 kg/cm² (3% CHL) mejorando en un 23% y en la resistencia a flexión se incrementó de 10.20 kg/cm² a 12.73 kg/cm² (3% CHL) lo que mostró una mejora de 24.8% respecto al adobe patrón, concluyendo que la adición de CHL mejora notablemente las propiedades mecánicas y las propiedades térmicas del adobe, así tener un adobe más resistente y más termoaislante.

Palabras clave: *Conductividad térmica, propiedades mecánicas, adobe estabilizado, ceniza*

ABSTRACT

Since the beginning of civilizations, adobe has been the main construction material up to the present time, since its elaboration and construction process is quite economical, for this reason it is very common to see constructions with this material in our environment. The purpose of this research was to add ash from brick kilns (CHL) in percentages of 0%, 1.5%, 3% and 4.5% to improve the thermal and mechanical properties of adobe, for which adobe units of 32x16x8 cm were made to be tested for thermal conductivity, compressive strength and flexural strength. The results of the adobe added with CHL showed a decrease in thermal conductivity from 0.96 W/m°C to 0.88 W/m°C (4.5% CHL), which represents an improvement of 8.33%, in compressive strength the value increased from 25.70 kg/cm² to 31.60 kg/cm² (3% CHL), improving by 23%, and in flexural strength it increased from 10.20 kg/cm² to 12.73 kg/cm² (3% CHL), which showed an improvement of 24.8% with respect to the standard adobe, concluding that the addition of CHL significantly improves the mechanical and thermal properties of the adobe, thus having a more resistant and thermally insulating adobe.

Keywords: *Thermal conductivity, mechanical properties, stabilized adobe, ash*

I. INTRODUCCIÓN

El uso de la tierra natural en la construcción de edificaciones es una de las técnicas más antiguas conocidas por la humanidad y que sigue vigente en la actualidad en muchos países en desarrollo, esto debido a que los bloques de tierra no cocidos, llamados adobes, son un material extraordinario debido a su simplicidad en la producción y construcción. Los adobes son un material económico ya que pueden producirse en el lugar de la obra pues la tierra casi siempre está a la disponibilidad y no requieren de una cocción como los ladrillos siendo de esta manera amigables con el medio ambiente. Pero también, los adobes tradicionales que son elaborados de tierra natural no tienen una buena resistencia mecánica lo que lo hace vulnerable estructuralmente, si esto puede mejorarse tendríamos un adobe más resistente y aprovechar su buen comportamiento térmico para la construcción de edificaciones.

A nivel internacional se han realizado muchas investigaciones para mejorar las propiedades mecánicas y físicas, como la conductividad térmica del adobe tradicional, con fines de revalorizar este material milenario en la construcción como es el caso de países como la India, Brasil y Colombia en donde generalmente el adobe tradicional es un material de construcción utilizado empíricamente sin un control técnico por lo que se han planteado en estas investigaciones estabilizar estas unidades de adobe adicionando en su elaboración polvo de corte de granito con ceniza de eucalipto, lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales y cenizas de bagazo caña de azúcar.

A nivel nacional se aprecia en las zonas rurales de manera común construcciones de viviendas con adobe, una de las razones es por su accesibilidad y la otra es que este material brinda un confort térmico durante los meses de invierno, cuando en el ambiente se siente el azote de una cadena de frío que afecta la salud de los familias que habitan en estas construcciones como es el caso de los departamentos de Ancash y Cajamarca en donde las construcciones de viviendas con adobe presentan una vulnerabilidad ante desastres naturales, por ello se hicieron estudios incorporando al adobe cenizas de cascarilla de arroz, cenizas de bagazo de caña de azúcar y cenizas de eucalipto para estabilizarlos mejorando

las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión, esto sin perder su capacidad del adobe de brindar un confort térmico.

En la región altiplánica del departamento de Puno es natural ver viviendas construidas de adobe por su fácil y económico proceso construcción, pero que no cuentan con la calidad técnica que hagan de estas viviendas duraderas en el tiempo por lo que tampoco pueden edificarse a más de dos niveles por la fragilidad de sus elementos; además que esta zona del altiplano es constantemente azotada por el frío hace que las familias opten por estas construcciones, razón por lo que se planteó este proyecto de investigación que obedece a la necesidad de las familias altiplánicas de contar con una alternativa accesible en cada aspecto adicionando ceniza de hornos ladrilleros, residuos que son abundantes producto de la quema de ladrilleras artesanales, en porcentajes en peso del suelo seco con el fin de mejorar el comportamiento térmico y mecánico del adobe

En las zonas periféricas al centro urbano del distrito de San Miguel existen muchas edificaciones construidas con materiales propios de la zona, como es el adobe, las cuales están elaboradas empíricamente por los habitantes, siendo así que en la mayoría de casos no cumplen los requisitos de calidad por lo que se plantea incorporar ceniza de hornos de las ladrilleras artesanales existentes en la zona para mejorar la conductividad térmica, incrementar la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, así tener un adobe mejorado como material de construcción alternativo, es por ello que en esta investigación se planteó como problema general: ¿De qué manera influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en el comportamiento térmico y mecánico del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?, asimismo los problemas específicos: ¿Cuánto influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?; ¿Cuánto influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021? y ¿Cuánto influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?.

Esta investigación propone una nueva alternativa de solución para mejorar las unidades de adobe, utilizando para ello Cenizas de Hornos Ladrilleros (CHL) producidos por la industria ladrillera artesanal, así técnicamente se justificó por la importancia del estudio de nuevas tecnologías en pro de mejorar la calidad de futuras construcciones con adobe estabilizado¹ y que servirá además como base para nuevas investigaciones que pretendan mejorar las propiedades térmicas y mecánicas adicionando ceniza de hornos ladrilleros en el proceso de elaboración del adobe. Socialmente se justificó ya que las viviendas con paredes de adobe tienen un problema debido a que los pobladores elaboran los adobes con cualquier suelo, en consecuencia los adobes con el pasar del tiempo sufren daños como fisuras y degradaciones² por lo que se pretende con este método renovado contar con un adobe más resistente al alcance de los pobladores y que al mismo tiempo brinde un confort térmico en las viviendas que en un futuro vayan a construirse con estas unidades. Económicamente se justificó por que el uso del adobe en las comunidades rurales se prolongó a lo largo de nuestra historia fundamentalmente por ser de fácil acceso³, entonces esta investigación tuvo como propósito usar productos de la zona que se pueden encontrar sin dificultad en el lugar de la construcción aminorando así gastos económicos de transporte, como también en insumos para su elaboración. Ambientalmente se justificó en la necesidad de contar con nuevas tendencias contemporáneas ambientales asociadas al ahorro energético en la construcción⁴ considerando que el adobe es un material eco amigable, ya que usa recursos del suelo que son reutilizables, además que se reutilizó los residuos originados por los hornos ladrilleros, como es la ceniza que se bota y que contamina el medio ambiente.

Esta investigación tuvo por objetivo general: Analizar de qué manera influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en el comportamiento térmico y mecánico del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021. Asimismo por objetivos específicos: Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021; Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021 y

Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Se planteó por hipótesis general que: La adición de ceniza de hornos ladrilleros mejora el comportamiento térmico y mecánico del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021. Similarmente las hipótesis específicas de que: La adición de ceniza de hornos ladrilleros disminuye la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021; La adición de ceniza de hornos ladrilleros incrementa la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021 y La adición de ceniza de hornos ladrilleros incrementa la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

II. MARCO TEÓRICO

En el ámbito nacional tenemos a **Aburto, J. y Bravo, A. (2018)** que en su tesis tuvieron por objetivo la evaluación de los adobes adicionando Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA). La metodología fue de tipo experimental con una población de 80 unidades de adobe de dimensiones de 40x20x10 cm y de 40 unidades de adobe cilíndricos de 30x15 cm de diámetro adicionados ambos tipos con CBCA en 0%, 5%, 10% y 15%. Los resultados en los ensayos a la compresión dieron un valor de 9.72 kg/cm² para el adobe patrón y de 11.72 kg/cm², 14.39 kg/cm² y 10.91 kg/cm² para las diferentes adiciones de CBCA, en cuanto a la resistencia a la tracción se obtuvo un resultado de 0.86 kg/cm² para el adobe patrón y de 0.95 kg/cm², 1.05 kg/cm² y 0.83 kg/cm² para las diferentes adiciones de CBCA respectivamente. Finalmente del trabajo se concluye que para los distintos porcentajes de CBCA es para el 10% el que tuvo mejores resultados a compresión y a tracción⁵.

Asimismo **Flores, M. y Paredes, J. (2018)** en su tesis de titulación tuvieron por objetivo utilizar aditivos naturales como la ceniza de cascarilla de arroz para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adobe. La metodología empleada fue aplicada con un diseño experimental, por lo que se produjeron cubos de 10 cm de arista para ensayos de resistencia a la compresión y probetas de 30 cm de largo con 15 cm de diámetro para ensayos de tracción indirecta, para ambos casos se adicionaron porcentajes de la ceniza de cascarilla de arroz como 0%, 3%, 5% y 8%. Los resultados mostraron un valor de 9.20 kg/cm², 23.14 kg/cm², 28.50 kg/cm² y 20.10 kg/cm² para la resistencia a compresión y de 0.94 kg/cm², 0.79 kg/cm², 1.06 kg/cm² y 0.60 kg/cm² para la resistencia a tracción indirecta en los porcentajes 0%, 3%, 5% y 8 de ceniza respectivamente. Los autores concluyen que en los ensayos de compresión y tracción en los adobes estabilizados mejoraron notablemente con respecto al adobe tradicional que se menciona en la Norma E.080⁶.

Como también **Idrogo, S. (2018)** en su tesis para optar el título tuvo por objetivo la evaluación de resistencia a compresión y flexión del adobe tradicional compactado y con adición de ceniza de biomasa arbórea (eucalipto). La metodología fue de tipo experimental, elaborándose en total de 18 unidades de

adobe para ensayo de compresión y 18 unidades de adobe para ensayo de flexión con adición en porcentajes de 8% y 10% de ceniza de biomasa arbórea. De los resultados en ensayos de laboratorio de resistencia a compresión se obtuvieron 12.62 kg/cm² para la muestra patrón 6.13 kg/cm² y 4.56 kg/cm² para la adición de 8% y 10% de ceniza del árbol de eucalipto, así también para la resistencia a flexión se obtuvo 3.71 kg/cm² para la muestra patrón 3.82 kg/cm² y 3.69 kg/cm² con adición de ceniza del árbol de eucalipto respectivamente. Finalmente el autor concluye que la incorporación de ceniza del árbol de eucalipto en proporciones de 8% y 10% no mejora la propiedad de resistencia a compresión y en cuanto a la resistencia a flexión el adobe con 8% de ceniza presentó una ligera mejora del 2.96% con respecto a la muestra patrón, por lo que la adición de esta ceniza no hace al adobe más resistente⁷.

Como antecedente internacional tenemos a **Bustamante, K. y Mendoza, D. (2017)** que en su trabajo de investigación para el título profesional tuvieron por objetivo incorporar ceniza de bagazo de caña de azúcar para la construcción de una vivienda prototipo a los bloques de tierra compactada. La metodología es de tipo experimental, cuya población fueron bloques adobe, una muestra de 48 unidades de 29x14x7 cm y una dosificación 0%, 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar. Como resultados de los ensayos de resistencia a compresión se tuvo 1.7MPa, 1.4MPa, 1.0MPa y 0.72MPa y a la flexión de 1MPa, 0.4MPa, 0.2MPa y 0.1MPa respectivamente. Se concluye que agregándole las cenizas de bagazo de caña de azúcar no se observa mejoras en la resistencia física mecánica de las unidades⁸.

Por otro lado **Gandía, Corrêa, Gomes, Marín y Santana (2019)** en su trabajo tuvieron por objetivo la evaluación de efectos de incorporación de Saliva Sintética de Termitas (STS) al adobe, analizando sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas. La metodología constó de realizar el estudio de cinco tratamientos de 0% (control), 0.1%, 0.2%, 0.4% y 0.8% de STS en masa las cuales fueron evaluadas a la conductividad térmica y resistencia a la compresión. Los resultados fueron que para la conductividad térmica no mostró diferencias entre concentraciones y en cuanto la resistencia a compresión disminuyó pero aún era aceptable según NTE E.080. Finalmente los autores concluyen que la

estabilización del adobe mediante STS mostró una mejora en sus propiedades físicas, principalmente por su poder hidrofóbico⁹.

También **Sasui, Watcharin y Sirimas (2018)** en su trabajo tienen por objetivo investigar y comparar la influencia de la cáscara de arroz cruda (RRH) y la ceniza de cáscara de arroz (RHA) quemada en pilas como estabilizadores sobre la resistencia a la compresión; así si el estabilizador era RRH o RHA, estos materiales se utilizaron en la proporción de 2% del peso seco del suelo. Los resultados mostraron un rendimiento significativamente mejorado para las muestras que contenían RRH, pero ninguno para el RHA. Esto sugiere que la temperatura de combustión excesiva en la pila redujo las propiedades de cementación de RHA. El estudio concluye que la aplicación de cáscara de arroz cruda como estabilizador es más efectiva que la ceniza de cáscara de arroz quemada en pilas para la construcción de casas de adobe¹⁰.

En otros idiomas tenemos a **Lawal, A; Ayodeji, J. y Lawal, M. (2019)** the objective of their work was to investigate the potential of corn husk ash as a stabilizer for the production of rammed earth blocks to improve thermal comfort in buildings. Their methodology is experimental, so a laboratory test is performed on rammed earth that is stabilized with 0%, 10% and 20% corn husk ash, the samples are molded to submit them to thermal conductivity and specific heat capacity tests. The thermal conductivity test results show results of 0.996 W/mK, 0.637 W/mK and 0.489 W/mK; the specific heat capacity tests show results of 962.1 J/kgK, 984.9 J/kgK and 993.4 J/kgK for samples mixed with 0%, 10% and 20% corn husk ash respectively. In conclusion the authors say that the 20% sample performs better compared to 0% and 10%; thus stabilization of rammed earth with corn husk ash can improve the thermal properties of rammed earth blocks, making them suitable for use as a building material to improve thermal comfort¹¹.

Duarte, H. (2018) in his master's thesis had the objective of evaluating the workability of the soil and its mechanical resistance according to the addition of two vegetable additives characteristic of rural areas and generally characterized as residues, eucalyptus ash and coconut fibers. The methodology used is experimental, which consisted in the addition of eucalyptus ash in the elaboration

of adobe units. The results showed that the substitution in mass of 20% of the soil by vegetal ash allowed a compressive strength of 2.82 MPa, double the value reached by the bricks made with the reference soil. The author concludes that the application of soil as a building material for various purposes can help to elucidate the reasons that led to the abandonment of an ancient technology, in addition to contributing to a greater clarification of the current situation, allowing the formation of a renewed perspective in relation to the architecture of the territory and a greater dissemination of its knowledge¹².

James, J. y Pandian, P. (2016) the objective of their research was the evaluation of sugar cane bagasse ash with lime as an alternative additive in the production of soil blocks. Their methodology used was experimental, with a sample of 55 units of 19x9x9 cm from which the contents of 6% lime and sugarcane bagasse ash were adopted with percentages of 4%, 6%, 8%, which were tested for compressive strength. The results with respect to compression reached a value of 1.687 MPa (6% lime + 0% CBA), 1.71 MPa (6% lime + 4% CBCA), 1.838 MPa (6% lime + 6% CBCA) and 1.87 MPa (6% lime + 8% CBCA). It was concluded that the addition of 8% ash increased the compressive strength with respect to the standard sample¹³.

Como antecedentes en artículos científicos tenemos a **Sarvaswini H., Theertharama N., Sharath M., Anil kumar S. (2017)** en su artículo de investigación tienen como objetivo adicionar a los bloques de barro polvo de corte de granito y ceniza de eucalipto para compararlos cuantitativamente con bloques de barro estabilizados con cemento en cuanto a su resistencia a la compresión. La metodología es aplicada con un diseño cuasi experimental, por lo que se elaboraron bloques de barro de tamaño 230x108x100 mm con adición en porcentajes menores a 8% de ceniza de eucalipto en peso del suelo, usado como estabilizador en reemplazo del cemento, más adición de polvo de corte de granito como reemplazo de la arena ya optimizada. Se obtuvieron resultados de compresión con valores de 88.82 kg/cm² (7% ce + 1% ceniza), 86.57 kg/cm² (6% ce + 2% ceniza), 74.95 kg/cm² (5% ce + 3% ceniza), 65.87 kg/cm² (4% ce + 4% ceniza), 47.42 kg/cm² (3% ce + 5% ceniza), 38.75 kg/cm² (2% ce + 6% ceniza) y 25.49 kg/cm² (1% ce + 7% ceniza). Los autores concluyen que la combinación de

5% estabilizador de cemento + 3% de ceniza de eucalipto en los bloques de barro estabilizado, cumple con todo los requerimientos mínimos estipulados en la norma IS: 1725-1892 para bloques de barro estabilizados Clase 30¹⁴.

Como también **Gandía, R.; Gomes, F.; Corrêa, A.; Rodrigues, M. y Marin, D. (2019)** en su artículo tuvieron por objetivo de este trabajo la realización de adobes usando los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales para analizar sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas. Su metodología es cuasi experimental, se elaboraron bloques de adobe con adición de lodos en masa en porcentajes de 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, para luego ser analizados. Los resultados de los ensayos de laboratorio muestran para los ensayos a compresión un valor de 14.48 kg/cm² para la muestra de adobe control y 16.11 kg/cm², 16.52 kg/cm², 15.70 kg/cm² y 15.60 kg/cm² en los otros casos; para la conductividad térmica 0.86 W/m°C para el adobe de control 0.82 W/m°C, 0.85 W/m°C, 0.88 W/m°C y 0.89 W/m°C para las otras concentraciones de lodos respectivamente. Los autores concluyen que los resultados más resaltantes en resistencia a la compresión es con adición al 3% con un valor de 16.52 kg/cm² y en el comportamiento térmico fue menor en su adición al 1% con un valor de 0.82 W/m°C por lo que la elaboración de adobes utilizando lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales es aceptable pero en proporciones controladas¹⁵.

Asimismo **Gandía, M. y Gomes, F. (2019)** en su artículo tuvieron por objetivo utilizar residuos de polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP) en la producción de adobe. Su metodología consistió en producir y evaluar composiciones que variaban de 0 a 10% de residuos en masa en pruebas físicas, mecánicas y térmicas. Los resultados mostraron que la adición de 10% de residuos de GFRP mostró los mejores resultados en comparación con el adobe sin aditivos, demostrado de la siguiente manera: reducción de la conductividad térmica del 21%; reducción de la pérdida de masa cuando se sumerge en agua; y aumento de la resistencia a la compresión del 45%. En conclusión el uso de residuos de GFRP está indicado en la fabricación de adobe para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y de conductividad térmica¹⁶.

El adobe en la historia inicia con la necesidad de los humanos de transformar el entorno para su comodidad y así se dieron cuenta de la facilidad que brindaban

ciertos materiales que eran accesible fácilmente y provistos por la naturaleza, como es el caso del barro. De hecho se conoce algunas de las civilizaciones más antiguas como los Persas, Asirios, Egipcios y Babilonios ya usaban bloques de adobe secados al sol para la construcción de algunos de sus edificios importantes¹⁷. En América Latina, existen algunos vestigios de arquitectura hecha de barro realizada por antiguas culturas ubicadas al norte del Perú, en la zona desértica; la cultura Chimú construyó entre los años 850 y 1,470 d.C. una gran ciudad de tierra llamada Chan Chan¹⁸.



Figura 1: Ciudadela de barro Chan Chan, Perú.

Fuente: Elaboración propia

Con relación a las variables y dimensiones se fundamenta que **el adobe** es definido como un “bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente agentes externos” [19], también como una “masa de barro moldeada en forma de ladrillo y secada al sol” [20] de donde podemos decir que el adobe es un bloque de tierra elaborada a partir de un suelo areno arcillosa. La Norma E.080 recomienda que el tipo de tierra a utilizarse para elaborar adobes debe tener una gradación aproximadamente de arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, también recomienda que no debe utilizarse suelos orgánicos con el fin de tener un mejor adobe²¹. Las **dimensiones del adobe** deben ser de tal manera que el espesor sea la mitad del ancho y ésta la mitad del largo, así por ejemplo estas medidas pueden variar desde 8x16x32 cm hasta 10x20x40 cm. El adobe tiene muchas **ventajas** como su gran simplicidad al momento de construir y su accesibilidad económica ya que no necesita de mayores recursos en su elaboración, brindando características como un material aislante térmicamente y acústicamente, que también es resistente al fuego. El

Adobe estabilizado es el adobe definido como tal “en el que se han incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con la finalidad de mejorar sus propiedades de resistencia a compresión [...]” [22] y su durabilidad ante agentes externos como las lluvias. Existen distintos métodos de estabilizar las unidades de adobe, como por ejemplo adicionando cenizas de eucalipto, cenizas de bagazo de caña de azúcar o cenizas de cáscara de arroz.

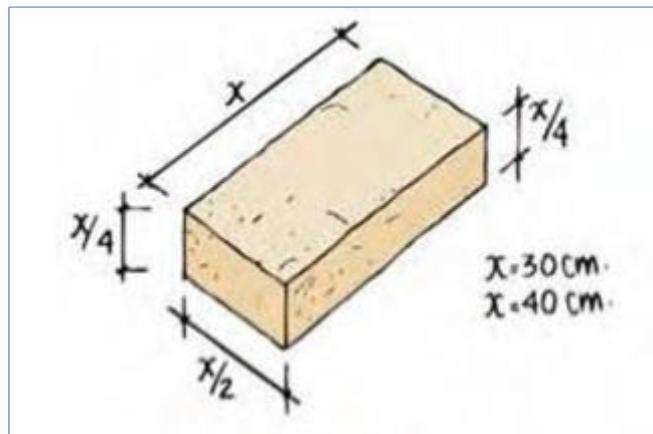


Figura 2: Dimensiones típicas del adobe
Fuente: Elaboración propia

El adobe posee **propiedades térmicas** como **conductividad térmica** que es una propiedad que mide la capacidad de los materiales de transmitir calor por conducción, el cual es una constante que depende del tipo de material²³ que generalmente está expresado en unidades de (W/m°C) watts sobre metro por grados Celsius. El adobe es un aislante térmico por naturaleza que propicia un ambiente confortable para el ser humano que habita en las construcciones con este material, debido a su baja conductividad térmica que pocas veces es estudiado con esta finalidad de aprovechar esta propiedad. Otra propiedad es la **inercia térmica** que es la capacidad que tiene la masa del adobe para absorber y acumular calor durante las horas de sol, para luego ser liberado a fin de acondicionar el ambiente interior lo que sucede generalmente, por las noches contribuyendo así a lograr un mejor confort térmico, al reducir las variaciones de temperatura interior, en comparación con las temperaturas exteriores. El proceso de transferencia de energía no es instantáneo, sino que existe un retraso en el tiempo para que se transfiera el calor por conducción de un lado del muro al otro²⁴. Entonces, desde el punto de vista térmico las personas que viven en

edificaciones construidas con este material, puedan tener un refugio adecuado ante las bajas temperaturas que comúnmente se aprecian los andes peruanos.

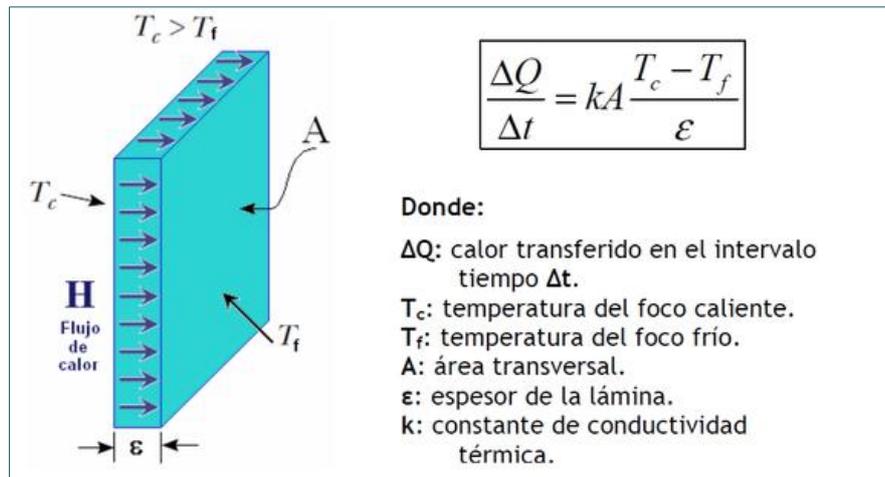


Figura 3: Esquema del flujo de calor a través de una superficie
Fuente: En línea²⁵

Las **propiedades mecánicas** del adobe son la **resistencia a la compresión** que es una propiedad de las unidades que mide la calidad de estas, la Norma E.080 nos indica un valor mínimo de resistencia a compresión que deben alcanzar las unidades que es de 12 kg/cm² para su aceptación²⁶, en algunos casos este valor se puede superar al estabilizar las unidades con aditivos naturales o artificiales, que también pueden ser residuos de la quema de algunos productos; la **resistencia a la flexión** es otra propiedad mecánica del adobe que mide el esfuerzo máximo de la unidad precisamente antes de que se rompa o se agriete en un ensayo a flexión, la resistencia del adobe a fallar por flexión antes de romperse depende no solo de la composición, sino también de la forma de la unidad, al incrementarse el esfuerzo de rotura de la unidad se puede conseguir que las viviendas absorban de una mejor manera las ondas sísmicas y del viento²⁷.

Las cenizas son el residuo que queda después de la combustión de algunos materiales sólidos, que presenta un color grisáceo oscuro, que en algunos casos pueden llegar a ser utilizados como estabilizadores para el adobe. Las **cenizas usadas en la estabilización del adobe** es un proceso en donde se utilizan desechos industriales y agrícolas como materia prima activa para mejorar las propiedades del adobe tradicional desarrollada por muchos investigadores de

todo el mundo. La utilización de estos subproductos, materiales de desecho es beneficiosa en términos de ahorro de costos, además de abordar el tema de la sostenibilidad y reducir las emisiones de gases que causan un efecto invernadero. Ejemplo de utilización de residuos agrícolas es de los ingenios azucareros que se denominan cenizas de bagazo en la elaboración de bloques de arcilla no cocidos²⁸. **La ceniza de Hornos Ladrilleros** es el producto de la quema de combustibles sólidos (aserrín, leña, cascara de granos vegetales como el café, la quinua, el arroz, etc.) en los hornos ladrilleros artesanales para la elaboración de ladrillos de arcilla cocidos²⁹. Esta actividad en muchos países en desarrollo representa una actividad económica familiar, en lugares fuera de las grandes urbanizaciones³⁰ por lo que los residuos que generan las ladrilleras artesanales, como es la ceniza, son fáciles de acopiar ya que son abundantes.



Figura 4: Horno ladrillero artesanal
Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación de acuerdo al enfoque

Una investigación cuantitativa está relacionada con una cantidad y por ello su principal elemento es el cálculo y la medición, de manera que se tengan magnitudes cuantificables³¹.

Este proyecto de investigación tuvo un **enfoque cuantitativo** ya que se llevaron a cabo ensayos de laboratorio con resultados cuantificables, haciéndolo verificables y comparables, con esto se hallaron mejoras y deficiencias en las muestras de adobe, así se usaron estos datos en el diseño de una adecuada unidad de adobe.

Tipo de investigación de acuerdo al fin

La investigación aplicada consiste en preservar los conocimientos y aplicarlos en la práctica manteniendo además los estudios científicos con el fin de encontrar respuestas a algunos aspectos en circunstancias de la vida común³².

Este trabajo de investigación es del **tipo aplicado**, debido a que se aplicó los conocimientos previos para la mejora de las propiedades térmicas y mecánicas del adobe con la adición de cenizas, para ello nos apoyamos en casos similares de investigaciones hechas con la finalidad de conseguir mejoras en sus propiedades mecánicas como resistencia a compresión, resistencia a flexión y propiedades térmicas como la conductividad térmica.

Tipo de investigación de acuerdo al nivel

La investigación causal es aquella que estudia la relación que se encuentra entre las variables cuyo objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio de las variables independientes en un producto³³.

Esta investigación en cuanto a su nivel fue **causal** ya que se buscó establecer el efecto que causa la variable independiente sobre la variable dependiente de forma directa, al manipularse de manera intencionada la variable independiente.

Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas,

con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular³⁴.

Esta investigación fue de tipo **cuasi experimental** debido a que las muestras no se eligieron de manera aleatoria, además fueron lo más representativo posible como también homogéneos. Además, se manipularon las cuantías de la variable independiente (ceniza de hornos ladrilleros en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5%) para así poder verificar el comportamiento de la variable dependiente (propiedades térmicas y mecánicas del adobe con los diferentes tratamientos de ceniza).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL)

Definición Conceptual:

Es el polvo de color gris claro u oscuro que queda después del proceso de quema completa de combustibles sólidos como llantas usadas, plásticos, leña, cascara de granos vegetales, aserrín de madera los cuales en muchos casos tienen buenas propiedades estabilizantes para suelos arcillosos³⁵.

Definición operacional:

Las dosificaciones de Cenizas de Hornos Ladrilleros (CHL) en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% respecto al peso de la tierra empleada para la elaboración de cada unidad se emplearon sobre las unidades patrón con el objetivo de mejorar la conductividad térmica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del adobe.

Variable dependiente: Comportamiento térmico y mecánico del adobe

Definición Conceptual:

Las unidades de adobe normalmente utilizados como material tradicional de bajo costo en la construcción de edificaciones presentan características mecánicas como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión que miden la calidad de estas unidades, en cuanto mayor sean estos valores tendrán mejor resistencia y calidad, por otro lado encontramos características térmicas como la

conductividad térmica que influyen en el confort térmico de las edificaciones construidas con este material³⁶.

Definición operacional:

Las unidades de adobe elaborados con Ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL), en laboratorio se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, ensayo de resistencia a la flexión y ensayo de conductividad térmica a los 28 días de haber sido elaborados con los porcentajes de muestras N, 1.5%, 3.0% y 4.5%; para cada tipo de adobe se ensayaron 16 unidades, finalmente los datos obtenidos fueron procesados en formatos y fichas técnicas bajo las normas ASTM y NTP.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Es el conjunto de objetos que quien se desean conocer algo en un estudio, la población puede estar constituida por las muestras de laboratorio³⁷, en esta investigación la población estuvo constituida por todas las unidades de adobe que se elaboraron con los diferentes tratamientos de CHL.

Muestra:

Es un subconjunto o parte del universo o población en el que se llevará a cabo la investigación³⁸. Se encuentra integrado en 64 unidades de adobe adicionado en distintos porcentajes de CHL en el proceso de elaboración, dichas cantidades de muestras se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Número de muestras con adición de CHL en porcentajes*

MUESTRA	CARACTERISTICAS DEL ADOBE
16	sin adición de Ceniza de Hornos Ladrilleros
16	con adición de 1.5% de Ceniza de Hornos Ladrilleros
16	con adición de 3.0% de Ceniza de Hornos Ladrilleros
16	con adición de 4.5% de Ceniza de Hornos Ladrilleros

Fuente: Elaboración propia

Muestreo:

Un muestreo no probabilístico es aquella en donde no se considera identificar a las unidades de estudio³⁹. En esta investigación el tipo de muestreo es no probabilístico, ya que no dependió de una fórmula estadística, sino de los principios de elección del investigador, del tipo de suelo adecuado y de las características que son propias de la cantera para la extracción de material para las unidades de adobe.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Como objetivo tiene la función de reunir datos de las variables estudiadas, para ello se revisará medios nacionales e internacionales en la web que tengan una relación con el tema y así tener criterios para analizar los conceptos encontrados⁴⁰.

Esta investigación se realizó, a través de ensayos estandarizados de laboratorio como el análisis granulométrico, límites de consistencia, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y conductividad térmica las cuales fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto "Triple Geo" Geología, Geofísica y Geotecnia.

Posteriormente, para su mejor organización y control se procedió a elaborar tablas en hojas de cálculo con datos obtenidos de los resultados de laboratorio sin adición de CHL y con adición de CHL en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% respectivamente.

Instrumentos de recolección de datos

Una medida adecuada para la recolección es aquella que registra datos observables que son verdaderamente representativos del concepto, en segundo lugar, el equipo que mide o recopila datos debe cumplir dos requisitos importantes: confiabilidad y validez.⁴¹ En esta investigación los instrumentos de recolección de datos fueron los ensayos estandarizados de laboratorio que se realizaron, como se detalla a continuación:

- Análisis Granulométrico de Suelos: ASTM D422, NTP 400.012

- Límites de Consistencia: ASTM D2216, NTP 339.129
- Ensayo a Compresión: NTP 399.613
- Ensayo a Flexión: ASTM C-67, NTP 399.078
- Conductividad térmica: UNE-EN 12939 y 12667

Confiabilidad

La confiabilidad del instrumento se refiere al grado en que el mismo objetivo o la aplicación repetida de un ensayo nos conducen al mismo resultado⁴². La confiabilidad, estará verificada mediante los certificados de calibración de los equipos e instrumentos de laboratorio utilizados en los ensayos realizados para la obtención de los resultados.

Validez

Se define como la congruencia de un instrumento de medición para medir lo que se necesita saber, indicando la precisión con la que la herramienta de medición mide, así, la eficiencia del equipo para representarlo, describiendo o prediciendo el atributo de la herramienta de interés para el investigador⁴³. La validez de los resultados está apoyada en los certificados del laboratorio, de los ensayos realizados de acuerdo a las normas ASTM y NTP, como a su vez del profesional responsable de certificarlos.

3.5. Procedimientos

Esta investigación se realizó en cinco fases que siguen una secuencia ordenada.

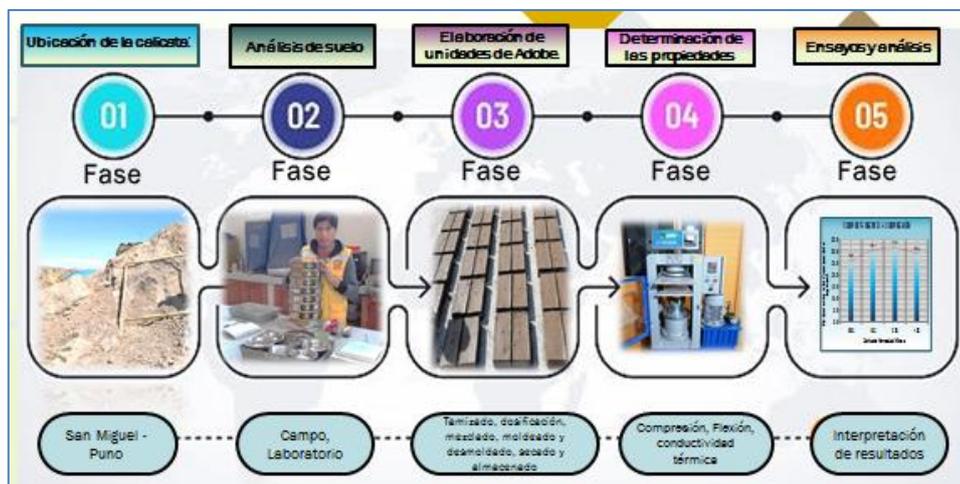


Figura 5: Procedimiento de aplicación
Fuente: Elaboración propia

Fase I: Extracción del material

- Ubicación de la cantera:

Se ubica en el Departamento de Puno, Provincia de San Román, Distrito San Miguel

- Acceso a la cantera:

Su acceso es por la carretera Juliaca – Azángaro, Km 3.5, intersección con la Av. Circunvalación II.

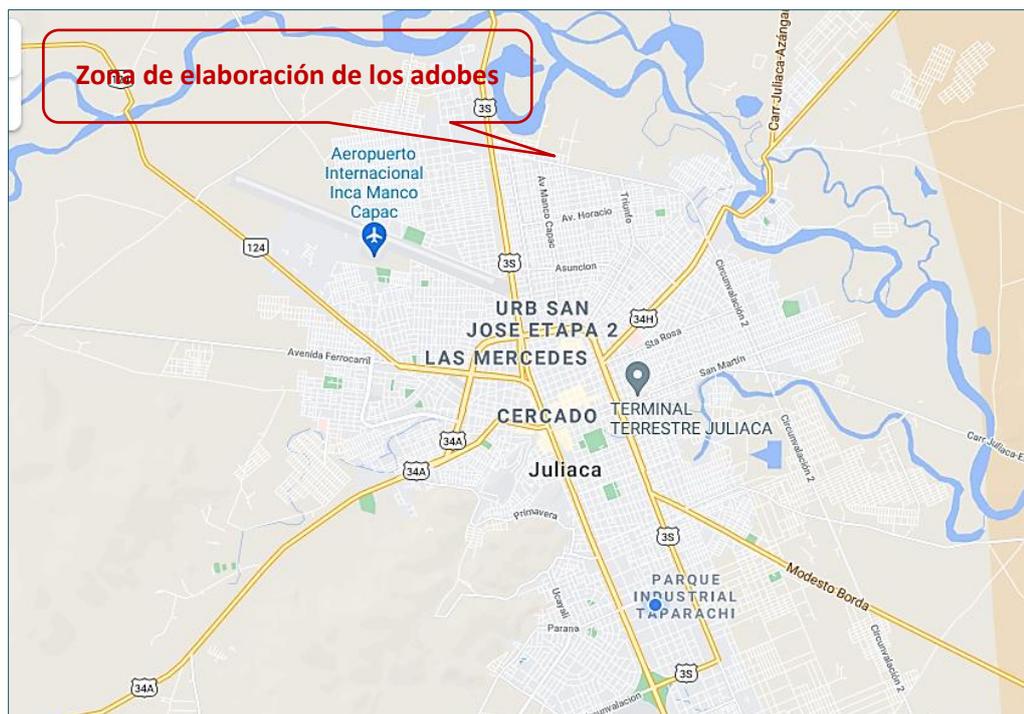


Figura 6: Ubicación de la cantera
Fuente: Elaboración propia

Fase II: Análisis de suelo

- Ensayos de campo:

Prueba de presencia de arcilla

Prueba de cinta de barro

- Ensayos de laboratorio:

Análisis granulométrico: Para la realización de este ensayo nos basamos en la Norma Técnica Peruana.

Clasificación de suelos: Lo clasificaremos tomando como referencia las tablas SUCS y AASHTO para determinar el tipo de suelo.

Límites de consistencia: Para este ensayo nos basamos en la Norma Técnica Peruana.

Fase III: Elaboración de unidades de Adobe.

- Tamizado del suelo: Primeramente se tomó la muestra en seco para luego tamizarlo por el tamiz N°4 (abertura de la malla 4.75 mm) esto con el fin de evitar la presencia de grava en la elaboración de las unidades de adobe.



Figura 7: Tamizado del suelo en cantera
Fuente: Elaboración propia

- Dosificación de la ceniza: Para la cantidad a usar en la dosificación, se tomó como referencia el peso aproximado de tierra seca por unidad de adobe de dimensiones de 32x16x8 cm, equivalente a 5800 gr.



Figura 8: Dosificación de CHL
Fuente: Propia

- Mezclado: Antes dejamos remojando la tierra por 48 horas, como se indica en la Norma E.080, esto con el fin de homogenizar la humedad, seguidamente procedimos a agregar la paja que es propio del adobe y adicionar la ceniza.



Figura 9: Homogenización de la pasta de tierra
Fuente: Propia

- Moldeado y desmoldado: Colocamos nuestra mezcla, en los moldes de madera, hasta lograr que esté lleno dándole unos pequeños golpes al molde para abarcar los espacios vacíos ya llenado procedimos a enrasarlo hasta lograr que este parejo y después procedimos a retirar el molde con bastante cuidado.



Figura 10: Moldeado y desmoldado
Fuente: Elaboración propia

- Secado y almacenado: se forman uniformemente en una superficie plana y limpia, previamente acondicionada con un techo para no exponerlos a los rayos solares ya que al no ser así sufrirían agrietamientos, finalmente para un buen

proceso de secado se realizó el procedimiento de volteo después de 3 días de su elaboración.



Figura 11: Proceso de secado de las unidades de adobe
Fuente: Elaboración propia

Para finalmente después de los 28 días antes del traslado al laboratorio proceder a realizar el ensayo de campo – resistencia.

Fase IV: Determinación de las propiedades de las unidades de adobe.

- Ensayo de campo
 - Ensayos previos en cantera
- Ensayos de laboratorio
 - Resistencia a la compresión
 - Resistencia a la flexión
 - Conductividad térmica

Fase V: Análisis e interpretación de resultados.

Analizamos los resultados que obtuvimos en los ensayos de laboratorio realizados mediante el uso de una computadora portátil, mediante tablas y gráficos.

3.6. Método de análisis de datos

La selección de datos se realiza por medio de la observación directa, para así de ellos visualizar de cada prueba ensayada en laboratorio un valor, recolectando los apuntes necesarios de los resultados alcanzados y poder contrastar con las hipótesis planteadas⁴⁴.

En la interpretación y análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio que se realizaron, por medio de la observación directa tomamos los datos necesarios para así poder contrastar con las hipótesis propuestas, también nos apoyamos en hojas de cálculo para elaborar cuadros y gráficos estadísticos.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación en cada una de sus etapas se desarrolló con toda la honestidad, honradez, respeto y la confianza de no haber copiado investigaciones de otros autores, valorando y respetando sus aportes haciendo reconocimiento a sus trabajos usando la norma ISO-690, para tener fe de ello se hizo una comparación de similitud con el software anti plagio Turnitin.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionando ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Ubicación:

Departamento : Puno

Provincia : San Román

Distrito : San Miguel

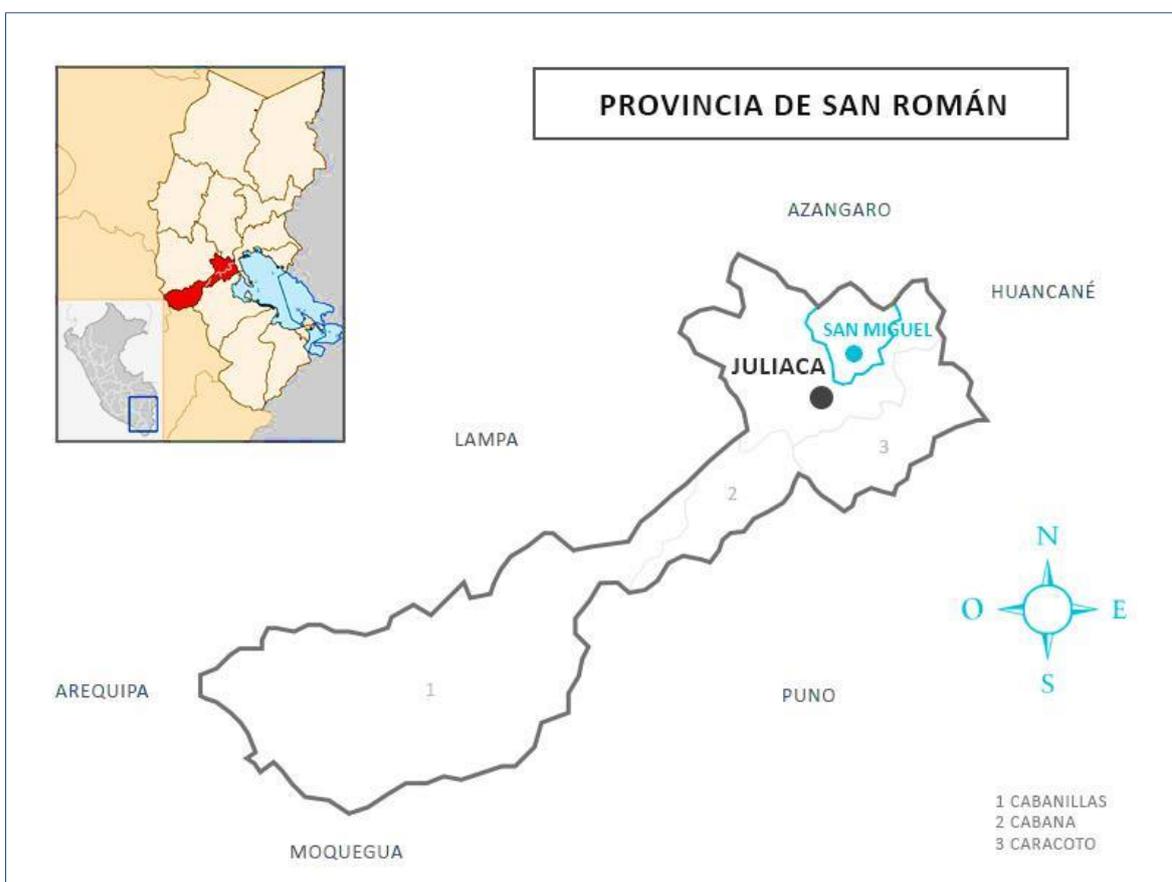


Figura 12: Ubicación geográfica del distrito de San Miguel

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura anterior el distrito de San Miguel es uno de los cinco distritos que conforman provincia de San Román, que geográficamente está ubicada en el altiplano puneño.

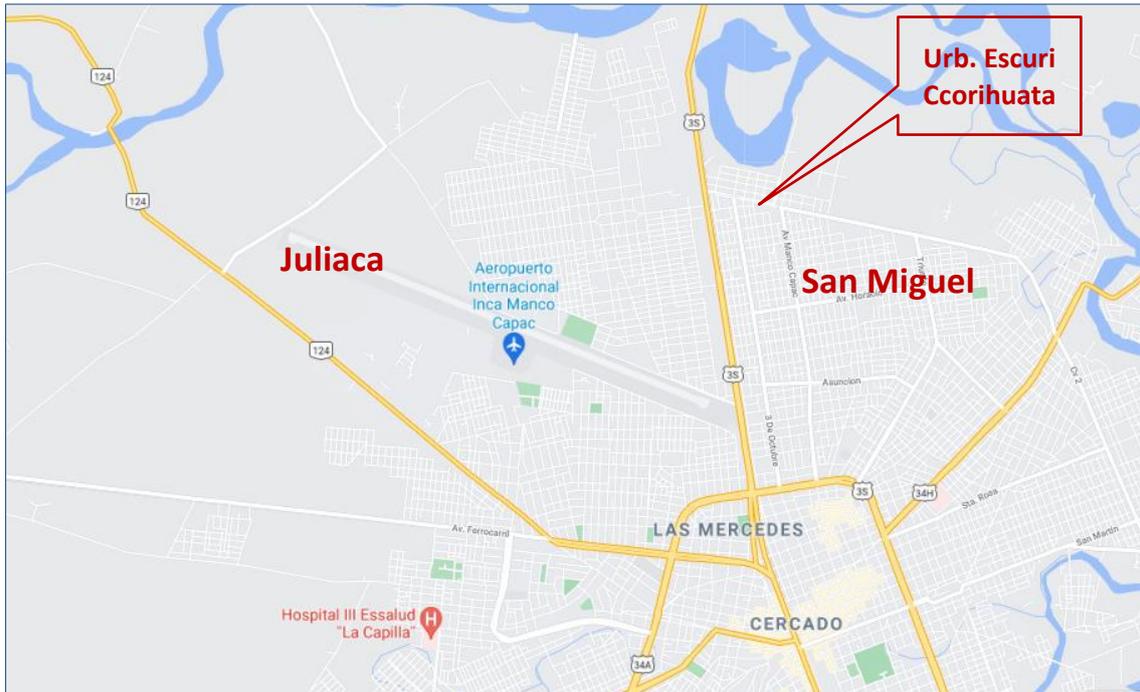


Figura N° 13: Ubicación geográfica del lugar de estudio
Fuente: Elaboración propia

El estudio se realizó en la zona Noroeste de la ciudad de San Miguel, específicamente en la Urbanización Escuri Ccorihuata, al cual se llega en 15 minutos desde el centro de la ciudad de Juliaca y en 10 minutos desde el centro de la ciudad de San Miguel.



Figura 14: Hornos para elaboración de ladrillos artesanales.
Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Acopio de ceniza de hornos ladrilleros.
Fuente: Elaboración propia



Figura 16: Selección de la cantera para extraer material
Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Prueba de cinta de barro para verificar presencia de arcilla
Fuente: Elaboración propia

Seleccionada la cantera, previo a los ensayos en campo para verificar la calidad del material para la elaboración de bloques de adobe, se tomaron muestras para realizar ensayos en laboratorio de análisis granulométrico y límites de consistencia.

Análisis Granulométrico

Este ensayo nos sirve para caracterizar mediante el uso de un juego de tamices el tipo suelo que se encuentra en una determinada cantera y con ello tomar la mejor decisión para el uso que se pueda asociar, en este caso deben de cumplir con las recomendaciones que especifica la Norma E.080.



Figura 18: Proceso de tamizado de muestra de suelo de la cantera seleccionada
Fuente: Elaboración propia

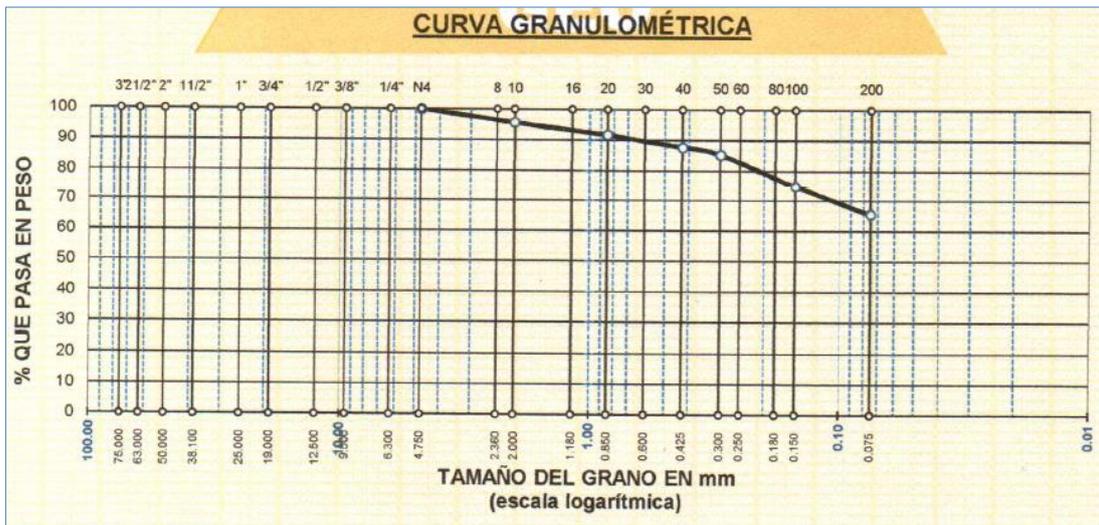


Figura 19: Curva granulométrica del suelo de la cantera seleccionada.
Fuente: Elaboración propia

De la curva granulométrica mostrada en la Figura 19 se observa que el suelo de la cantera seleccionada cuenta con 65.46% de arcilla y 34.54% de arena, dichos porcentajes cumplen las recomendaciones establecidas en la Norma E.080 para elaboración de unidades de adobe.

Límites de Consistencia

Los límites de consistencia nos sirven para determinar los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantendrá en estado plástico para con ello poder clasificar el suelo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.



Figura 20: Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Clasificación del tipo de suelo de la cantera seleccionada

MUESTRA	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN
M-1	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS
	28.33	20.27	8.06	CL

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se puede observar los resultados de los ensayos de límites de consistencia que nos dan un valor del índice de plasticidad de 8.06% el cual se encuentra dentro de los requerimientos de la Norma E.080 y además con los resultados granulométricos se tiene según SUCS una arcilla inorgánica de baja plasticidad.

Objetivo 1:

Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Ensayo de conductividad térmica:

Es cuando la muestra está sometida a la máquina de ensayo con placa con lectura de temperaturas para posteriormente tomarle la temperatura interna y externa para verificar su conductividad térmica mediante la ecuación de conducción térmica, así de esta manera la conductividad térmica será el flujo de calor desde la cara expuesta a mayor temperatura hacia la cara que se encuentra al lado opuesto de esta.



Figura 21: Equipo de placa para ensayo de conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Resumen de resultados del ensayo de conductividad térmica

Adobe	Ceniza de Hornos Ladrilleros (%)	Conductividad Térmica "k" (W/m°C)
Tipo I	0.0	0.96
Tipo II	1.5	0.93
Tipo III	3.0	0.90
Tipo IV	4.5	0.88

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 3 con los resultados obtenidos de los ensayos de conductividad térmica y promediando los resultados de cada tipo de adobe propuesto podemos interpretar que con una adición del 4.5% de CHL se alcanzó un valor de 0.88 W/m°C para la conductividad térmica, lo que significa que a mayor cantidad de adición de CHL se disminuye la conductividad térmica, por lo que mejora la capacidad de retener calor de las unidades de adobe.



Figura 22: Comportamiento térmico en adobes con adición de CHL
Fuente: Elaboración propia

De la figura 22 podemos apreciar que hay un descenso en la conductividad térmica con la adición de CHL, variando estos valores en 8.33% con respecto al adobe patrón.

Objetivo 2:

Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Ensayo de resistencia a la compresión:

Este ensayo consiste en someter a la muestra de adobe a la máquina de ensayo, que es una prensa con un sensor digital, para verificar su máximo valor alcanzado de esfuerzos de compresión antes de su fractura o deformación, es así que este ensayo nos determinará la resistencia de las unidades.



Figura 23: Ensayo de resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración propia



Figura 24: Muestra del adobe con la resistencia alcanzada a compresión.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Resumen de resultados de ensayo a compresión

Adobe	Ceniza de Hornos Ladrilleros (%)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
Tipo I	0.0	25.70
Tipo II	1.5	30.47
Tipo III	3.0	31.61
Tipo IV	4.5	28.76

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4 con los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión y promediando cuatro de los mayores valores podemos interpretar que con una adición del 3% de CHL su valor promedio es 31.61 kg/cm², concluyendo que su resistencia incrementa en 23% en relación al adobe patrón.

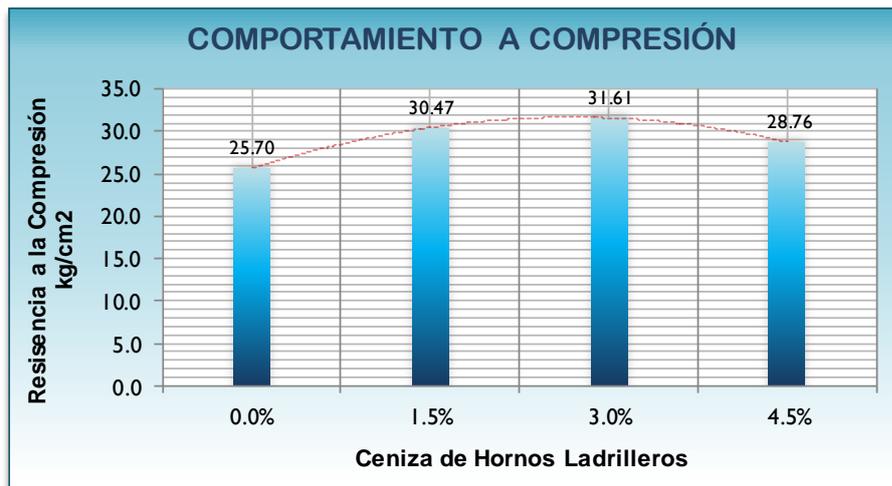


Figura 25: Resultados del ensayo a compresión
Fuente: Elaboración propia

De la figura 25 podemos apreciar que hay un incremento la resistencia a compresión de las unidades de adobe con la adición de CHL, mejorando estos resultados en 23% para una adición de CHL de 3% con respecto al adobe patrón, superando así los requerimientos mínimos de la Norma E.080.

Objetivo 3:

Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Ensayo de resistencia a la flexión:



Figura 26: Ensayo de resistencia a la flexión
Fuente: Elaboración propia



Figura 27: Muestra del adobe con la falla a flexión
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Resumen de resultados de ensayo a flexión

Adobe	Ceniza de Hornos Ladrilleros (%)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)
Tipo I	0.0	10.20
Tipo II	1.5	11.18
Tipo III	3.0	12.73
Tipo IV	4.5	11.67

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 5 con los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión y promediando cuatro de los mayores valores podemos interpretar que con una adición del 3% de CHL su valor promedio es 12.69 kg/cm².



Figura 28: Resultados del ensayo de resistencia a flexión
Fuente: Elaboración propia

De la figura 28 podemos apreciar que hay un incremento en la resistencia a flexión de las unidades de adobe con la adición de CHL, mejorando estos resultados en 24.8% para una adición de CHL de 3% con respecto al adobe patrón.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Antecedente: Gandía, Corrêa, Gomes, Marín y Santana (2019) en su investigación se plantearon por objetivo evaluar el comportamiento de la conductividad térmica con adición de saliva sintética de termitas en porcentajes de 0.1%, 0.2%, 0.4% y 0.8% en la cual se tuvieron por resultados 0.86 W/m°C para el adobe patrón y de 0.90 W/m°C, 0.89 W/m°C, 0.87 W/m°C y 0.82 W/m°C para cada uno de los tratamientos respectivamente de donde se concluye que hay un ligero descenso con respecto al adobe patrón de 4.65% en este antecedente.

Resultados: En nuestra investigación se tuvo por objetivo analizar la influencia que tiene la Ceniza de los Hornos Ladrilleros (CHL) en la propiedad de conductividad térmica, por lo que se adicionó CHL con variaciones de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% cuyos porcentajes están considerados en peso del suelo seco, entonces las unidades de adobe elaborados de medidas de 16x10x8 cm se sometieron al ensayo de conductividad térmica dando así como resultados de 0.96 W/m°C para el adobe patrón y de 0.93 W/m°C (1.5%), 0.90 W/m°C (3%) y 0.88 W/m°C (4.5%) para los otros casos, donde se aprecia que a medida que se incrementa la cantidad de CHL va disminuyendo la conductividad térmica hasta 0.88 W/m°C con un 4.5% de CHL.

Comparación: Del antecedente, algunos aditivos como la saliva sintética de termita mejora la propiedad térmica del adobe a medida que esta se va agregando, lo cual también se refleja en nuestra investigación, que al incrementarse la cantidad de Ceniza de Hornos Ladrilleros también se va disminuyendo el coeficiente de conductividad térmica hasta un porcentaje de 0.88 W/m°C con un 4.5% de CHL, siendo así que estos resultados son similares al comportamiento en caso de esta propiedad física.

Objetivo 2: Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Antecedente: Flores, M. y Paredes, J. en su tesis tuvieron por objetivo mejorar las características mecánicas del adobe mediante la adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz (Ce) para la cual se elaboraron bloques de adobe de 10x10x10 cm a los cuales se les adicionó porcentajes de 3%, 5% y 8% de ceniza de cascarilla de arroz con respecto su peso, para así obtener resultados en ensayos a compresión de 9.20 kg/cm² (Ce0), 23.14 kg/cm² (Ce3), 28.50 kg/cm² (Ce5) y 20.10 kg/cm² (Ce8) para los diferentes porcentajes de ceniza, de donde se concluye que una adición de 5% de ceniza tiene un mejor comportamiento a compresión que supera notablemente al valor del adobe tradicional y la mínima que recomienda la Norma E.080.

Resultados: En la presente investigación se tuvo por objetivo analizar la influencia que tiene la Ceniza de los Hornos Ladrilleros (CHL) en la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del adobe, por lo que se adicionó CHL con variaciones de 0%, 1.5%, 3% y 4.5% cuyos porcentajes están considerados en peso del suelo seco, las unidades de adobe elaborados de medidas de 32x16x8 cm se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión dando así como resultados de 25.70 kg/cm² para el adobe patrón y de 30.47 kg/cm² (1.5%), 31.61 kg/cm² (3%) y 28.76 kg/cm² (4.5%) en los demás casos, donde se aprecia que a medida que se incrementa la cantidad de CHL también se incrementa la resistencia a la compresión hasta 31.61 kg/cm² con un 3% de CHL desde donde se muestra un descenso en la resistencia a la compresión.

Comparación: Observando el antecedente de esta investigación, algunas cenizas como la Ceniza de Cascarilla de Arroz mejora la propiedad mecánica de resistencia a la compresión a medida que esta se va agregando, pero solamente hasta un porcentaje limitado, lo cual se refleja en nuestra investigación, que al incrementarse la cantidad de Ceniza de Hornos Ladrilleros también se incrementa la resistencia a la compresión hasta un porcentaje de 3% de adición de CHL, siendo así estos resultados similares en el comportamiento mecánico.

Objetivo 3: Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.

Antecedente: **Aburto, J. y Bravo, A. (2018)** en su tesis tuvieron por objetivo la evaluación de propiedades en bloques de adobe mediante la adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), cuyos adobes fueron en total de 40 unidades adicionados con CBCA en 0%, 5%, 10% y 15%, en los ensayos de laboratorio dieron así como resultados de resistencia a flexión de 0.86 kg/cm² para el adobe patrón y de 0.95 kg/cm², 1.05 kg/cm² y 0.83 kg/cm² para las diferentes adiciones de CBCA respectivamente, para finalmente concluir que para los distintos porcentajes de adición de CBCA es para el 10% el que tuvo mejores resultados a con un valor de 1.05 kg/cm².

Resultados: En esta investigación se tuvo por objetivo analizar la influencia que tiene la Ceniza de los Hornos Ladrilleros (CHL) en la propiedad mecánica de la resistencia a la flexión, la adición de CHL varía desde 0%, 1.5%, 3% y 4.5% cuyos porcentajes están considerados en peso del suelo seco, para lo cual las unidades de adobe elaborados de medidas de 32 x 16 x 8 cm se sometieron al ensayo de resistencia a la flexión dando así como resultados de 10.20 kg/cm² para el adobe patrón y de 11.18 kg/cm² (1.5%), 12.69 kg/cm² (3%) y 11.67 kg/cm² (4.5%) para los otros casos, donde se observa que a medida que se incrementa la cantidad de CHL también se incrementa la resistencia a la flexión hasta 12.69 kg/cm² con un 3% de CHL desde donde se muestra un descenso en la resistencia a la flexión.

Comparación: Observando el antecedente, algunas cenizas como la Ceniza de Caña de Azúcar mejoran la propiedad mecánica de resistencia a la flexión a medida que esta se va agregando, pero solamente hasta un porcentaje limitado, lo cual se refleja en nuestra investigación, que al incrementarse la cantidad de Ceniza de Hornos Ladrilleros también se incrementa la resistencia a la flexión hasta un porcentaje, siendo así estos resultados similares al comportamiento en el caso de esta propiedad mecánica.

VI. CONCLUSIONES

1. Con respecto al objetivo general se concluye que la adición de ceniza de hornos ladrilleros mejora las propiedades térmicas como las propiedades mecánicas en el distrito de San Miguel – Puno. Se aprecia que en la conductividad térmica se disminuye a medida que se adiciona la ceniza y en cuanto a las propiedades de resistencia a compresión y resistencia a flexión estos valores mejoran con un incremento significativo con respecto al adobe tradicional.
2. En cuanto a la conductividad térmica se obtuvieron resultados de 0.96 W/m°C para el adobe patrón sin adición de ceniza de hornos ladrilleros (CHL) y de 0.93 W/m°C (1.5% CHL), 0.98 W/m°C (3% CHL) y 0.88 W/m°C (4.5% CHL), así estos resultados son favorables para una adición de 4.5% de CHL que alcanzó un valor de 0.88 W/m°C que es el mínimo comparado con el adobe patrón, de esta manera se tiene un adobe térmicamente aislante.
3. En cuanto a la resistencia a compresión se obtuvieron resultados de 25.75 kg/cm² para el adobe patrón sin adición de ceniza de hornos ladrilleros (CHL) y de 30.47 kg/cm² (1.5% CHL), 31.61 kg/cm² (3% CHL) y 28.76 kg/cm² (4.5% CHL), los resultados más favorables son la adición de 3% de CHL que alcanzó un valor de 31.61 kg/cm² para la resistencia a la compresión, haciendo al adobe más resistente.
4. En cuanto a la resistencia a flexión se obtuvieron resultados de 10.20 kg/cm² para el adobe patrón sin adición de ceniza de hornos ladrilleros (CHL) y de 11.18 kg/cm² (1.5% CHL), 12.73 kg/cm² (3% CHL) y 11.67 kg/cm² (4.5% CHL) en los demás casos, lo que hace que el valor de 12.73 kg/cm² para la resistencia a la flexión es el mejor para un 3% de CHL siendo estos los máximos valores alcanzados superando los requisitos establecidos en la Norma E.080.

VII. RECOMENDACIONES

1. De manera general se recomienda utilizar la ceniza de hornos ladrilleros en la elaboración de unidades de adobe, como alternativa accesible y económica en la construcción de viviendas en el distrito de San Miguel-Puno ya que mejoran las propiedades mecánicas, con adición en porcentaje de 3% de CHL, además estos adobes tienen una baja conductividad térmica mejorando el confort térmico.
2. En cuanto a la conductividad térmica en esta investigación se adicionó CHL hasta un 4.5% por lo que se recomienda incorporar mayor cantidad de CHL para lograr mejores resultados y así utilizar este renovado material de construcción económico en las futuras edificaciones ya que brinda un mejor confort térmico.
3. Del mismo modo se recomienda que para futuras investigaciones con adición de CHL se emplee una adición del 3% y realizar un prototipo de vivienda con estas características de adobes resistentes a compresión para obtener resultados más completos y adecuados a la realidad de la edificación.
4. Así mismo recomendamos realizar investigaciones que puedan evaluar el comportamiento sísmico de este prototipo de vivienda, construida con adobes mejorados con 3% de CHL que tienen una buena resistencia a flexión, sin tratar de adicionar más porcentaje del 4.5% de CHL ya que podría reducir su resistencia mecánica.

REFERENCIAS

1. LEÓN VALVERDE, B. *Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz*. Tesis de titulación. Universidad San Pedro, Perú, 2019. [consulta: 15 de junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/11411>
2. MENDOZA LLANOS, K. *Evaluación de la resistencia del adobe fabricado con adición de ceniza y arena*. Tesis de titulación. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú, 2018. [consultado 19 junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1661>
3. CÁCERES VÁSQUEZ, K. *Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas - económicas en Cajamarca*. Tesis de titulación. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú, 2017. [consultado: 18 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1002>
4. DIAZ TORRES, M., PARADA CARRILLO, H. Y ALVARADO ARIAS, M. *Usos del adobe en diferentes países de américa latina*, Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo [en línea]. Mayo, 2019, Vol. 10, N° 2, 73-81. Disponible en: <https://doi.org/10.25213/2216-1872.22>
5. ABURTO MELENDEZ, J. y BRAVO RODRIGUEZ, E. *Evaluación y comparación técnica de las propiedades del adobe, típico convencional y el reforzado con cenizas del bagazo de caña de azúcar para la construcción de viviendas en el CC. PP. de Tambar – Moro*. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Santa, Perú, 2018. [consultado: 17 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3236>
6. FLORES CHUCUYA, M. A. y PAREDES ROBLES, J. R. *Mejora de las características físicas y mecánicas del adobe empleando aditivos naturales de la zona – C.P. Cambio Puente y Anexos*. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Santa, Perú, 2018. [consultado: 17 de junio del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3178>
7. IDROGO SEMPERTEGUI, S. D. *Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa*

- arbórea. Tesis de licenciatura. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, 2018. [fecha de consulta: 01 de julio del 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/14096>
8. BUSTAMANTE ORJUELA, K. y MENDOZA MANTILLA, D. *BTC con adición de ceniza de bagazo de caña como solución a la autoconstrucción de vivienda en zona rural del Municipio de Nimaima* [en línea]. Trabajo de grado. Universidad La Gran Colombia, Bogotá, 2017. [fecha de consulta: 21 de junio del 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11396/3670>
 9. GANDIA, R., CORRÊA, A., GOMES, F., MARIN, D., Y SANTANA, L. *Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with "synthetic termite saliva"*, Engenharia Agrícola, Jaboticabal [en línea]. mar./abr. 2019, v.39, n.2, p.139-149. ISSN: 1809-4430. [fecha de consulta: 21 de junio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n2p139-149/2019>
 10. SASUI SASUI, WATCHARIN JINWUTH, SIRIMAS HENGRASMEE. *The Effects of Raw Rice Husk and Rice Husk Ash on the Strength and Durability of Adobe Bricks*, Civil Engineering Journal [en línea]. 2018, V.4, N°4, [fecha de consulta: 20 de junio del 2021]. ISSN: 2476-3055. Disponible en: <https://www.civilejournal.org/index.php/cej/issue/view/33>
 11. AMINA L., JOSHUA A., MUSA L. *Enhancing the Thermophysical Properties of Rammed Earth by Stabilizing with Corn Husk Ash. In: Sayigh A. (eds) Sustainable Building for a Cleaner Environment. Innovative Renewable Energy. Springer, Cham. Jul. 2018.* Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-94595-8_34
 12. JIJO JAMES, P. y PANDIAN PITCHAI, *Kasinatha. Valorización de las cenizas de bagazo de azúcar en la fabricación de bloques estabilizados con cal* [en línea]. 2016 Vol. 24. 7 – 15. DOI 10.1515 / sjce-2016-0007
 13. JAMES, JIJO; PANDIAN, PITCHAI KASINATHA. *Valorisation of sugarcane bagasse ash in manufacture of lime-stabilized blocks. Slovak Journal of Civil Engineering*, 2016, vol. 24, no 2, p. 7-15. Disponible en: <https://cyberleninka.org/article/n/1425379.pdf>
 14. SARVASWINI H.C, THEERTHARAMA N, SHARATH. M Y, ANIL KUMAR S. *An Experimental Study on the Use of Eucalyptus Ash and Granite Cut Dust in*

- Stabilised Mud Blocks*. 2017 IJRTI, Vol. 2 (6) .ISSN: 2456-3315. Disponible en: <https://ijrti.org/papers/IJRTI1706079.pdf>
15. GANDIA, RÔMULO M., ET AL. *Physical, mechanical and thermal behaviour of adobe stabilized with the sludge of wastewater treatment plants*. Engenharia Agrícola, 2019, vol. 39, p. 684-697. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n6p684-697/2019>
 16. RÔMULO MARÇAL GANDIA, FRANCISCO CARLOS GOMES, ANDRÉA APARECIDA RIBEIRO CORRÊA, MAYKMILLER CARVALHO RODRIGUES, RAFAEL FARINASSI MENDES. *Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with glass fiber reinforced polymer waste*, *Construction and Building Materials*. Volumen 222, 2019, Pag. 168-182, ISSN 0950-0618. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819315375>
 17. P. DOAT, A. HAYS, H. HOUBEN, S. MATUK, F. VITOUX. *Construir con Tierra*, Bogotá: CRAterre, 1990, p.11
 18. CECILIA ACHIG Y SOLEDAD MOSCOSO. “*Adobe: Properties, Damages and Treatment*” reporte, inédito, Universidad de Cuenca.
 19. RM N° 121-2017-VIVIENDA. *Resolución Ministerial que aprueba la Norma E.080, Diseño y construcción con tierra reforzada*. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 07 de abril del 2017.
 20. GENDROP P. *Diccionario de arquitectura mesoamericana* [en línea]. México: Trillas, 2001. [fecha de consulta: 12 de julio del 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/316897368/Diccionario-deArquitectura-Mesoamericana-Paul-Gendrop-Trillas-Mexico-1997>
 21. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Quinta edición. Lima, Perú, 2013, p.517. Empresa Editora Macro E.I.R.L. ISBN N° 978-612-304-111-3
 22. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Quinta edición. Lima, Perú, 2013, p.518. Empresa Editora Macro E.I.R.L. ISBN N° 978-612-304-111-3
 23. SERWAY, R, Y JEWETT, J. *Física para ciencias e ingeniería*. Séptima Edición. México, D.F., 2009, p. 573-574. ISBN-13: 978-970-686-822-0
 24. GUTIÉRREZ, R. y CALLEGOS, D. *Construcción sustentable, Análisis de retraso térmico a bloques de tierra comprimida*. 2015. *Contexto*, 9(11). p59-71. Disponible en: <http://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/49>

25. PAREDE AVILÉS, F. Y DE LA CRUZ ARCE, G. *Estudio de estabilizadores en el adobe*, FIGEMPA: Investigación y Desarrollo [en línea]. Mayo 2017, V. 1(1), p. 79–84. [fecha de consulta: 11 de julio del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.59>
26. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. *Norma E.080 Adobe* [en línea]. Lima, Perú, 2000. [fecha de consulta: 23 de julio del 2021]. Disponible en: <https://centrocidart.files.wordpress.com/2013/10/norma-peruana-adobe.pdf>
27. CABALLERO CABALLERO, M., SILVA SANTOS, L. y MONTES BERNABÉ J. L. *Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave*. Memorias del XVI Congreso Internacional Anual de la SOMIM 22 al 24 de septiembre, 2010, Monterrey, Nuevo Leon, México. [fecha de consulta: 25 de julio del 2021]. Disponible en: http://somim.org.mx/memorias/memorias2010/A3/A3_221.pdf
28. MANISH S. DHAREK, K. S. SREEKESHAVA, JAGADISH VENGALA, KILABANUR PRAMOD, PRASHANT SUNAGAR y M. V. SHIVAPRAKASH. *Experimental Investigations on Utilization of Bagasse Ash in Adobe Bricks*. Sustainability Trends and Challenges in Civil Engineering [en línea]. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 162. Springer, Singapur 2021. [fecha de consulta: 05 de agosto del 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-16-2826-9_31
29. MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN. *Guía de Buenas Prácticas Ladrilleras Artesanales*. Lima, Perú, 2010
30. VALLE, B., LÓPEZ, E., TORRES, M., AGAPITO, C. Y MUGICA, V. *Preliminary study of soot and polycyclic aromatic hydrocarbons in emitted particles from adobe kilns that use scrap tires as fuel*. *Atmósfera* vol.34 no.1 Ciudad de México, ene. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/atm.52756>
31. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág.9
32. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág. 8

33. HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C, BAPTISTA, M. *Metodología de la investigación*. [en línea].6ta ed. México: Interamericana 2014.[fecha de consulta 17 Junio 2020] Disponible en: <https://metodologiaecs.wordpress.com/2016/01/31/libro-metodologia-de-lainvestigacion-6ta-edicion-sampieri-pdf/>
34. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3era ed. Mexico: Prentice Hall Hispanoamerica. S.A, 1999. ISB: 9701702344. Pág.23-67
35. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág.59
36. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág.23
37. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág.59
38. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág.91
39. SALKING, Neil. *Methods of research*. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. ISB: 9701702344. Pág.78
40. SRINIVASA. R., VASUDEVA, *An Examination of the role of conceptualization in empirical social research*. 2013. ISSN:2231-5780. Vol. 3. [en línea] Pag.111. <http://zenithresearch.org.in/>.
41. ROJAS SORIANO, R. *El proceso de la investigación científica*. 4ª Ed. 1990. México D.F. ISBN 9682439124.
42. ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, *Metodología de la investigación 6ta edición, en la ciudad de México 2014* [Fecha de consulta: 19 de julio del 2021] Disponible en:<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbXNjb250YWR1cmIhcHVibGlyYTk5MDUxMHxneDo0NmMxMTY0NzIxNzliZmYw>
43. CARRASCO DIAZ S. *Metodología de la investigación científica, en la ciudad de lima Perú 2005* [Fecha de consulta:19 de julio del 2021] Disponible en: https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1

ANEXOS

ANEXO 1 : Matriz de consistencia

TÍTULO : "Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionando ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno – 2021"

AUTOR : Ortiz Alarcón, Guido Solano

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
P. General	O. General	H. General	V. Independiente	Peso en % de suelo seco	1.5%	Dosificación con Balanza Calibrada
<i>¿De qué manera influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en el comportamiento térmico y mecánico del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?</i>	<i>Analizar de qué manera influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en el comportamiento térmico y mecánico del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>	<i>La adición de ceniza de hornos ladrilleros mejora el comportamiento térmico y mecánico del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>	Ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL)		3%	
					4.5%	
P. Especifico	O. Especifico	H. Especifico	V. Dependiente	Propiedad Térmica	Conductividad Térmica (W/m°C)	Ensayo de Conductividad Térmica UNE-EN 12939 y 12667 ASTM C177 Y C518
<i>¿Cuánto influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?,</i>	<i>Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>	<i>La adición de ceniza de hornos ladrilleros disminuye la conductividad térmica del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>	Comportamiento del adobe			
<i>¿Cuánto influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?</i>	<i>Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>	<i>La adición de ceniza de hornos ladrilleros incrementa la resistencia a la compresión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>		Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Ensayo de compresión NTP 399.613 ASTM C39	
<i>¿Cuánto influye la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021?</i>	<i>Determinar la influencia de la adición de ceniza de hornos ladrilleros en la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>	<i>La adición de ceniza de hornos ladrilleros incrementa la resistencia a la flexión del adobe en el distrito de San Miguel, Puno – 2021.</i>		Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	Ensayo de flexión NTP 399.078 ASTM C67	

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO : "Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionando ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno – 2021"

AUTOR : Ortiz Alarcón, Guido Solano

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
V.INDEPENDIENTE	Ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL)	<p>Ministerio de la Produccion (2010) es el polvo de color gris claro u oscuro que queda después del proceso de combustión completa de llantas usadas, plásticos (bolsas, botellas etc.), ramas y hojas secas de eucalipto, leña seca de eucalipto, cascaras de quinua (polvillo), aserrín de madera que en muchos casos tienen buenas propiedades estabilizantes para suelos arcillosos.</p>	<p>Las dosificaciones de Cenizas de Hornos Ladrilleros (CHL) en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 4.5% respecto al peso de la tierra empleada para la elaboración de cada unidad se emplearán sobre las unidades patrón con el objetivo de mejorar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la conductividad térmica.</p>	Peso en % de suelo seco	1.5%	Balanza Calibrada	<p>Método: Científico Tipo de Investigación: Tipo Aplicada Nivel de Investigación: Causal Diseño de Investigación: Experimental (Cuasi) Enfoque: Cuantitativo Población: Todas las unidades de adobe elaborados Muestra: 24 a Compresión 24 a Flexión 16 de Conductividad Térmica Muestreo: No probabilístico Técnica: Observación directa Instrumental de la Investigación: Formatos de ensayo de laboratorio</p>
					3.0%		
					4.5%		
V.DEPENDIENTE	Comportamiento del adobe	<p>Chino (2018) las unidades de adobe normalmente utilizados como material tradicional de bajo costo en la construcción de edificaciones presentan características mecánicas como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión que miden la calidad de estas unidades, en cuanto mayor sean estos valores tendrán mejor resistencia y calidad, por otro lado encontramos características térmicas como la conductividad térmica que influyen en el confort térmico de las edificaciones construidas con este material</p>	<p>Las unidades de adobe elaborados con Ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL), en laboratorio se realizarán ensayos de resistencia a la compresión, ensayo de resistencia a la flexión y ensayo de conductividad térmica a los 28 días de haber sido elaborados con los porcentajes de muestras N, 1.5%, 3.0% y 4.5%; para cada tipo de adobe se ensayarán 16 unidades, finalmente los datos obtenidos serán procesados en formatos y fichas técnicas bajo las normas NTP y ASTM.</p>	Propiedad Térmica	Conductividad Térmica (W/m°C)	Razón	
				Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)	Razón	
					Resistencia a la Flexión (kg/cm2)	Razón	



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Ceniza de Hornos Ladrilleros (CHL)

“Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionando ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno – 2021”

Parte A: Datos generales

Tesista: Ortiz Alarcón, Guido Solano

Fecha: Lima, 18 de Julio del 2021

Parte B: Adición de Ceniza de Hornos Ladrilleros

1.5%	
3%	
4.5%	

Tesis: Flores, M. y Paredes, J. (2018) Adición de ceniza de cascarilla de arroz en: 3%, 5% y 8%

Tesis: Bustamante, K. y Mendoza, D. (2017) Adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en: 2.5%, 5% y 7.5%

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Ccuno Livisi

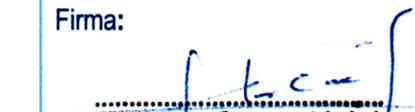
Nombres: Julio Alonzo

Título: Ingeniero Civil

Grado: Bachiller

N° Reg. CIP: 122016

Firma:


.....
Julio A. Ccuno Livisi!
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 122016

Apellidos: Fernandez Machaca

Nombres: Ronald

Título: Ingeniero Civil

Grado: Bachiller

N° Reg. CIP: 190513

Firma:


.....

Ronald Fernandez Machaca
INGENIERO CIVIL
CIP. 190513

Apellidos: Chávez Riveros

Nombres: Jaime

Título: Ingeniero Civil

Grado: Bachiller

N° Reg. CIP: 76330

Firma:


.....
PROVICSUR S.A.C.
Ing. Jaime Chávez Riveros
INSPECTOR DE SERVICIO
CIP N° 76330

ANEXO 4: Certificados de laboratorio

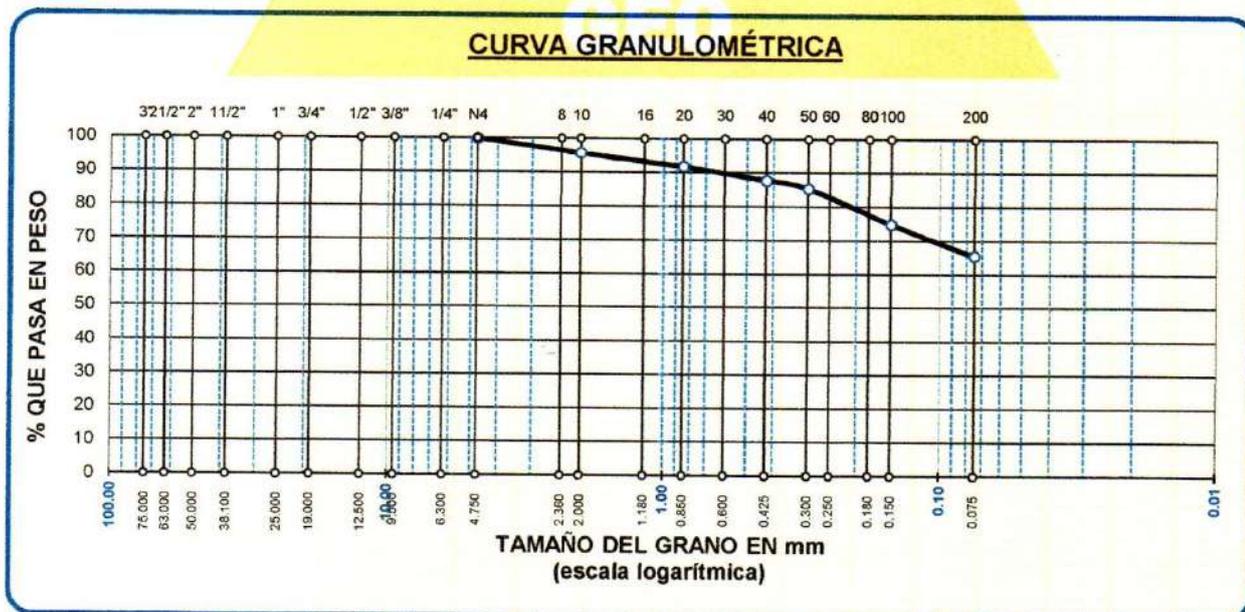


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

OBRA : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, PUNO - 2021
 SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCON GUIDO SOLANO
 UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL
 MUESTRA : N° 1
 PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.90 m.
 FECHA : 23 DE JULIO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 300.00
2"	50.000						P.L.= 103.62
1 1/2"	38.100						P.P.= 196.38
1"	25.000						% W = 9.24
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 28.33
3/8"	9.500						L.P.= 20.27
1/4"	6.300						I.P.= 8.06
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	12.96	4.32	4.32	95.68		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						
No20	0.850	11.78	3.93	8.25	91.75		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	11.90	3.97	12.21	87.79		SUCS : CL
No 50	0.300	7.26	2.42	14.63	85.37		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	31.70	10.57	25.20	74.80		
No200	0.075	28.02	9.34	34.54	65.46		
BASE		196.38	65.46	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA		65.46					



Elizabeth Copca Gordillo

Elizabeth Copca Gordillo
 INGENIERO GEÓLOGO
 CIP. 121350



OBRA : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS
EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL, PUNO - 2021

SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCON GUIDO SOLANO

UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL

MUESTRA : N° 1

PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.90 m.

FECHA : 23 DE JULIO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	260.33
SUELO SECO + TARRO	gr	241.34
PESO DEL TARRO	gr	35.90
PESO DEL AGUA	gr	18.99
PESO DEL SUELO SECO	gr	205.44
HUMEDAD %	%	9.24

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

		LÍMITE LÍQUIDO	
		E	F
TARRO N°			
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.63	49.32
SUELO SECO + TARRO	gr	41.64	45.26
PESO DEL TARRO	gr	31.14	31.00
PESO DEL AGUA	gr	2.99	4.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.50	14.26
HUMEDAD %	%	28.48	28.47
N° DE GOLPES		24	24

LÍMITE PLÁSTICO	
E	F
12.25	13.04
11.32	11.99
6.76	6.78
0.93	1.05
4.56	5.21
20.39	20.15

LÍMITE LÍQUIDO % : **28.33** **LÍMITE PLÁSTICO %** : **20.27**

ÍNDICE PLÁSTICO % : **08.06**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Límite Líquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Número de Golpes



Elizabeth Ceopa Gordillo

Elizabeth Ceopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350





ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TERMICA

(ASTM C177 Y C518; UNE-EN 12939 Y 12667)

PROYECTO : Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionado con ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno - 2021

SOLICITANTE : Bachiller Guido Solano Ortiz Alarcón

UBICACIÓN : San Miguel

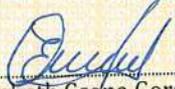
MUESTRA : Adobe T-I (0% de Ceniza de Hornos Ladrilleros) **FECHA** : 25 de agosto del 2021

Muestra	Espesor		Densidad de flujo de calor	Temperatura		Gradiente de temperatura	Conductividad térmica
	e (cm)	e (m)		Superior	Inferior		
			q (W/m ²)	T1 (°C)	T2 (°C)	∇T (°C)	k (W/m°C)
M-1	8.10	0.08	125.30	26.90	16.80	10.10	1.00
	8.05	0.08	125.30	33.50	22.80	10.70	0.94
	8.05	0.08	125.30	34.50	23.50	11.00	0.92
M-2	8.10	0.08	125.30	26.50	17.30	9.20	1.10
	8.10	0.08	125.30	33.90	22.70	11.20	0.91
	8.15	0.08	125.30	34.60	23.20	11.40	0.90
M-3	8.00	0.08	125.30	27.30	17.60	9.70	1.03
	8.05	0.08	125.30	32.80	22.50	10.30	0.98
	8.00	0.08	125.30	34.20	22.80	11.40	0.88
M-4	8.20	0.08	125.30	28.00	17.80	10.20	1.01
	8.10	0.08	125.30	30.70	19.90	10.80	0.94
	8.15	0.08	125.30	35.30	23.50	11.80	0.87

Conductividad Térmica : **k = 0.96 W/m°C**

Observaciones:

* Los adobes fueron puestos en el laboratorio por el bachiller.


Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO



ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TERMICA

(ASTM C177 Y C518; UNE-EN 12939 Y 12667)

PROYECTO : Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionado con ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno - 2021
SOLICITANTE : Bachiller Guido Solano Ortiz Alarcón
UBICACIÓN : San Miguel
MUESTRA : Adobe T-II (1.5% de Ceniza de Hornos Ladrilleros) **FECHA** : 05 de junio del 2021

Muestra	Espesor		Densidad de flujo de calor q (W/m ²)	Temperatura		Gradiente de temperatura ∇T (°C)	Conductividad ad térmica k (W/m°C)
	e (cm)	e (m)		Superior T1 (°C)	Inferior T2 (°C)		
M-1	8.25	0.08	125.30	27.00	17.00	10.00	1.03
	8.25	0.08	125.30	31.30	20.10	11.20	0.92
	8.30	0.08	125.30	34.90	22.70	12.20	0.85
M-2	8.15	0.08	125.30	26.90	17.10	9.80	1.04
	8.10	0.08	125.30	31.20	19.90	11.30	0.90
	8.20	0.08	125.30	35.10	22.80	12.30	0.84
M-3	8.10	0.08	125.30	27.60	17.80	9.80	1.04
	8.10	0.08	125.30	32.20	20.90	11.30	0.90
	8.15	0.08	125.30	35.00	22.70	12.30	0.83
M-4	8.20	0.08	125.30	27.10	17.30	9.80	1.05
	8.25	0.08	125.30	31.90	19.80	12.10	0.85
	8.20	0.08	125.30	34.90	22.80	12.10	0.85

Conductividad Térmica : **k = 0.93 W/m°C**

Observaciones:

* Los adobes fueron puestos en el laboratorio por el bachiller.


Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP: 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO



ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TERMICA

(ASTM C177 Y C518; UNE-EN 12939 Y 12667)

PROYECTO : Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionado con ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno - 2021
SOLICITANTE : Bachiller Guido Solano Ortiz Alarcón
UBICACIÓN : San Miguel
MUESTRA : Adobe T-III (3% de Ceniza de Hornos Ladrilleros) **FECHA** : 25 de agosto del 2021

Muestra	Espesor		Densidad de flujo de calor q (W/m ²)	Temperatura		Gradiente de temperatura ∇T (°C)	Conductividad ad térmica k (W/m°C)
	e (cm)	e (m)		Superior T1 (°C)	Inferior T2 (°C)		
M-1	8.25	0.08	125.30	27.00	16.10	10.90	0.95
	8.25	0.08	125.30	30.00	19.00	11.00	0.94
	8.30	0.08	125.30	33.70	21.50	12.20	0.85
M-2	8.15	0.08	125.30	26.80	16.00	10.80	0.95
	8.20	0.08	125.30	30.60	19.10	11.50	0.89
	8.15	0.08	125.30	33.30	20.70	12.60	0.81
M-3	8.20	0.08	125.30	26.70	15.90	10.80	0.95
	8.15	0.08	125.30	30.00	19.10	10.90	0.94
	8.20	0.08	125.30	33.40	21.50	11.90	0.86
M-4	8.20	0.08	125.30	27.80	17.10	10.70	0.96
	8.10	0.08	125.30	30.50	18.90	11.60	0.87
	8.10	0.08	125.30	33.70	21.00	12.70	0.80

Conductividad Térmica : **k = 0.90 W/m°C**

Observaciones:

* Los adobes fueron puestos en el laboratorio por el bachiller.


Elizabeth Copo Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO



ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TERMICA

(ASTM C177 Y C518; UNE-EN 12939 Y 12667)

PROYECTO : Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionado con ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno - 2021
SOLICITANTE : Bachiller Guido Solano Ortiz Alarcón
UBICACIÓN : San Miguel
MUESTRA : Adobe T-IV (4.5 % de Ceniza de Hornos Ladrilleros) **FECHA** : 25 de agosto del 2021

Muestra	Espesor		Densidad de flujo de calor q (W/m ²)	Temperatura		Gradiente de temperatura ΔT (°C)	Conductividad ad térmica k (W/m°C)
	e (cm)	e (m)		Superior T1 (°C)	Inferior T2 (°C)		
M-1	8.30	0.08	125.30	27.80	16.90	10.90	0.95
	8.25	0.08	125.30	32.40	21.40	11.00	0.94
	8.30	0.08	125.30	36.70	23.90	12.80	0.81
M-2	8.10	0.08	125.30	27.80	17.00	10.80	0.94
	8.10	0.08	125.30	32.20	20.00	12.20	0.83
	8.15	0.08	125.30	35.50	22.40	13.10	0.78
M-3	8.25	0.08	125.30	27.90	17.10	10.80	0.96
	8.30	0.08	125.30	32.10	21.00	11.10	0.94
	8.30	0.08	125.30	35.60	22.50	13.10	0.79
M-4	8.20	0.08	125.30	27.60	16.80	10.80	0.95
	8.20	0.08	125.30	32.10	20.10	12.00	0.86
	8.15	0.08	125.30	34.90	22.00	12.90	0.79

Conductividad Térmica : **k = 0.88 W/m°C**

Observaciones:

* Los adobes fueron puestos en el laboratorio por el bachiller.


Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOBES NTP 399.613

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNO LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021

SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO

MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNO LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO I (0%)

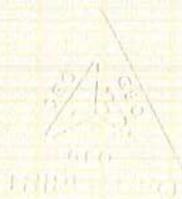
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	AREA BRUTA CM2	CARGA KG.	ESF. DE ROTURA KG/CM2
1	ADOBE TIPO I - 0.0% DE DOSIFICACIÓN 30.0 x 8.10 x 14.95	21/08/2021	448.50	10900.00	24.30
2	ADOBE TIPO I - 0.0% DE DOSIFICACIÓN 30.0 x 8.50 x 15.00	21/08/2021	450.00	10820.00	24.04
3	ADOBE TIPO I - 0.0% DE DOSIFICACIÓN 29.0 x 8.00 x 15.20	21/08/2021	440.80	11450.00	25.98
4	ADOBE TIPO I - 0.0% DE DOSIFICACIÓN 30.0 x 8.20 x 15.00	21/08/2021	450.00	10980.00	24.40
5	ADOBE TIPO I - 0.0% DE DOSIFICACIÓN 29.90 x 8.00 x 15.10	21/08/2021	451.49	12100.00	26.80
6	ADOBE TIPO I - 0.0% DE DOSIFICACIÓN 30.10 x 8.10 x 15.9	21/08/2021	478.59	12250.00	25.60
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)				25.19	KG/CM2

OBSERVACIONES

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER



Elizabeth Ccopa Gordillo
Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOBES NTP 399.613

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNO LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021

SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO

MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNO LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO II (1.5%)

UBICACIÓN : JULIACA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	AREA BRUTA CM2	CARGA KG.	ESF. DE ROTURA KG/CM2
1	ADOBE TIPO II - 1.5% DE DOSIFICACIÓN 30.0 x 8.10 x 15.01	21/08/2021	450.30	13100.00	29.09
2	ADOBE TIPO II - 1.5% DE DOSIFICACIÓN 29.6 x 8.50 x 14.96	21/08/2021	442.82	12900.00	29.13
3	ADOBE TIPO II - 1.5% DE DOSIFICACIÓN 30.00 x 8.00 x 15.02	21/08/2021	450.60	13850.00	30.74
4	ADOBE TIPO II - 1.5% DE DOSIFICACIÓN 29.8 x 8.2 x 14.9	21/08/2021	444.02	13360.00	30.09
5	ADOBE TIPO II - 1.5% DE DOSIFICACIÓN 29.9 x 8.00 x 15.01	21/08/2021	448.80	14100.00	31.42
6	ADOBE TIPO II - 1.5% DE DOSIFICACIÓN 30.1 x 8.4 x 15.02	21/08/2021	452.10	13400.00	29.64
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)				30.20	KG/CM2

OBSERVACIONES

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER



Elizabeth
Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350



TRIPLE GEO S.R.L.
Calidad y Experiencia

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Geología - Geofísica - Geotecnia

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOBES

NTP 399.613

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNO LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021

SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO

MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNO LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO III (3.0%)

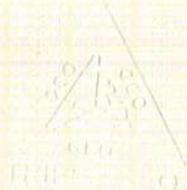
UBICACIÓN : JULIACA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	AREA BRUTA CM2	CARGA KG.	ESF. DE ROTURA KG/CM2
1	ADOBE TIPO III - 3% DE DOSIFICACIÓN	21/08/2021	456.00	13980.00	30.66
	30.00 x 8.20 x 15.20				
2	ADOBE TIPO III - 3% DE DOSIFICACIÓN	21/08/2021	459.93	14090.00	30.64
	30.10 x 8.16 x 15.28				
3	ADOBE TIPO III - 3% DE DOSIFICACIÓN	21/08/2021	462.98	14900.00	32.18
	30.26 x 8.10 x 15.30				
4	ADOBE TIPO III - 3% DE DOSIFICACIÓN	21/08/2021	456.93	14550.00	31.84
	30.22 x 8.13 x 15.12				
5	ADOBE TIPO III - 3% DE DOSIFICACIÓN	21/08/2021	459.62	14600.00	31.77
	30.08 x 8.10 x 15.28				
6	ADOBE TIPO III - 3% DE DOSIFICACIÓN	21/08/2021	458.43	13900.00	30.32
	30.12 x 8.20 x 15.22				
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)				31.23	KG/CM2

OBSERVACIONES

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER



Elizabeth Córdova
Elizabeth Córdova Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
C.I.P. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ADOBES NTP 399.613

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021

SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO

MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO IV (4.5%)

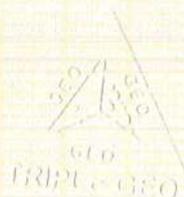
UBICACIÓN : JULIACA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	AREA BRUTA CM2	CARGA KG.	ESF. DE ROTURA KG/CM2
1	ADOBE TIPO IV - 4.5.% DE DOSIFICACIÓN 30.20 x 8.20 x 15.20	21/08/2021	459.04	12860.00	28.01
2	ADOBE TIPO IV - 4.5.% DE DOSIFICACIÓN 30.00 x 8.00 x 14.90	21/08/2021	447.00	12500.00	27.96
3	ADOBE TIPO IV - 4.5.% DE DOSIFICACIÓN 29.90 x 8.10 x 14.80	21/08/2021	442.52	13100.00	29.60
4	ADOBE TIPO IV - 4.5.% DE DOSIFICACIÓN 30.10 x 8.20 x 15.10	21/08/2021	454.51	12700.00	27.94
5	ADOBE TIPO IV - 4.5.% DE DOSIFICACIÓN 30.20 x 8.00 x 14.90	21/08/2021	449.98	12950.00	28.78
6	ADOBE TIPO IV - 4.5.% DE DOSIFICACIÓN 29.80 x 8.20 x 15.11	21/08/2021	450.28	12900.00	28.65
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)				28.49	KG/CM2

OBSERVACIONES

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER




Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 121350



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA NTP 339.078 - ASTM C67-01

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021
SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO
MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO I (0%)
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL
FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					l (cm)	b (cm)	h (cm)		
1	TIPO I - 0% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	14.90	8.06	300	9.30
2	TIPO I - 0% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.08	14.96	8.00	320	10.03
3	TIPO I - 0% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.00	8.10	350	10.67
4	TIPO I - 0% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.02	15.10	8.08	300	9.13
5	TIPO I - 0% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.11	15.08	8.06	340	10.41
6	TIPO I - 0% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.00	8.00	310	9.69

OBSERVACIONES:

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER



Elizabeth Ccopa Gordillo
Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA NTP 339.078 - ASTM C67-01

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNO LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021
SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO
MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNO LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO II (1.5%)
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL
FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					l (cm)	b (cm)	h (cm)		
1	TIPO II - 1.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	29.90	15.10	8.00	350	10.87
2	TIPO II - 1.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.00	15.09	8.10	340	10.30
3	TIPO II - 1.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	29.96	15.00	8.16	360	10.81
4	TIPO II - 1.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.10	8.00	380	11.80
5	TIPO II - 1.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.08	14.98	8.04	350	10.84
6	TIPO II - 1.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.12	8.10	370	11.19

OBSERVACIONES:

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER

GEO



Elizabeth Ccopa Gordillo
Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA NTP 339.078 - ASTM C67-01

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021

SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO

MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNOS LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO III (3%)

UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					l (cm)	b (cm)	h (cm)		
1	TIPO III - 3% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.00	8.12	400	12.13
2	TIPO III - 3% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.08	14.90	8.00	390	12.27
3	TIPO III - 3% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.20	14.86	8.08	410	12.68
4	TIPO III - 3% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.06	15.10	8.00	430	13.35
5	TIPO III - 3% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.00	15.12	8.10	400	12.10
6	TIPO III - 3% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	29.80	15.06	8.14	420	12.63

OBSERVACIONES:

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER




Elizabeth Ccopa Gordillo
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA NTP 339.078 - ASTM C67-01

PROYECTO : COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y MECÁNICO DEL ADOBE ADICIONANDO CON CENIZA DE HORNO LADRILLEROS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - PUNO - 2021
SOLICITANTE : BACHILLER. ORTIZ ALARCÓN GUIDO SOLANO
MUESTRA : ADOBE CON DOSIFICACIÓN DE CENIZA DE HORNO LADRILLEROS (CHL) - ADOBE TIPO IV (4.5%)
UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN MIGUEL
FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2021

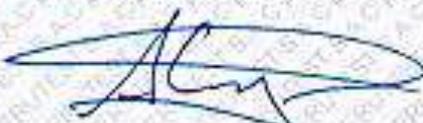
N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					l (cm)	b (cm)	h (cm)		
1	TIPO IV - 4.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	14.90	8.00	380	11.95
2	TIPO IV - 4.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	29.96	15.00	8.10	360	10.97
3	TIPO IV - 4.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.00	14.92	8.08	390	12.01
4	TIPO IV - 4.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.10	8.00	360	11.18
5	TIPO IV - 4.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	29.80	15.11	8.09	380	11.53
6	TIPO IV - 4.5% DE CENIZA	24/07/2021	21/08/2021	28	30.10	15.00	8.10	350	10.67

OBSERVACIONES:

* LOS ADOBES FUERON PUESTOS EN EL LABORATORIO POR EL BACHILLER


**Elizabeth Ccopa Gordillo**
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 121350

ANEXO 5: Certificados de calibración de equipos

PERUTEST S.A.C		
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO		
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA		
RUC N° 20602182721		
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		
PT - LM - 0231 - 2020		
Página 1 de 4		
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Masas</i>		
1. Expediente	01416-2020	
2. Solicitante	CCOPA GORDILLO ELIZABETH	
3. Dirección	JR. PICHAGANI 114 SANTA ROSA PUNO PUNO - PUNO	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	6200 g	
División de escala (d)	0.1 g	
Div. de verificación (e)	0.1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	NVT6201ZH	
Número de Serie	8341348471	
Capacidad mínima	2.0 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2020-11-27	
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2020-11-27	 MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES	 
913028621 - 913028622 913028623 - 913028624 ventas@perutest.com.pe www.perutest.com.pe		Jr. La Madrid S/N Mz D lote 25 urb Los Olivos San Martín de Porres - Lima SUCURSAL: Sinchi Roca 1320 - la Victoria - Chiclayo

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0231 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM- INACAL.

7. Lugar de calibración

En el Laboratorio de Masa De PERUTEST S.A.C.
Jr. La Madrid Mz D Lt 25 Urb. Los Olivos - San Martín De Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 ± C	21.6 ± C
Humedad Relativa	56%	56%

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROL	JUEGO DE PESAS 1kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0548-2020
METROL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0547-2020
METROL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL MARCA: BOECO	T-1131-2020

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LM - 0231 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 °C	21.6 °C

Medición Nº	Carga L1 = 3,000 g			Carga L2 = 6,000 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	3000.0	50	0	6000.0	50	0
2	3000.0	60	-10	6000.0	40	10
3	3000.0	60	-10	6000.0	40	10
4	3000.0	50	0	6000.1	80	70
5	2999.9	20	-70	6000.0	60	-10
6	3000.0	60	-10	6000.0	50	0
7	3000.0	60	-10	6000.0	60	-10
8	3000.0	60	-10	6000.0	50	0
9	3000.0	50	0	5999.9	30	-80
10	2999.9	20	-70	6000.0	50	0
	Diferencia Máxima		70	Diferencia Máxima		150
	Error Máximo Permisible		300.0	Error Máximo Permisible		300.0

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	1	5
3		4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.6 °C	21.6 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)
1	1.0	1.0	50	0	2000.0	1999.9	20	-70	-70
2		1.0	50	0		2000.0	60	-10	-10
3		1.0	40	10		2000.0	40	10	0
4		1.0	50	0		2000.0	50	0	0
5		1.0	50	0		1999.9	30	-80	-80
		Error máximo permisible							300.0

* Valor entre 0 y 10g



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 006 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 1

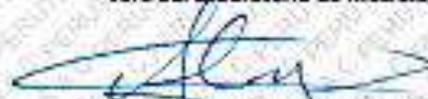
1. Expediente	0145-2021	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TRIPLE GEO EIRL	
3. Dirección	LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO PUNO PUNO	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad	120000 kgf	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PC-120	
Número de Serie	1080	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIGH WEIGHT	
Modelo	315-XSP	
Número de Serie	1080	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Resolución	10 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-01-23	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-01-23

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 006 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.
Jr. La Madrid Mz. D Lt. 25 Urb. Los Olivos - San Martín De Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.9 °C	21.6 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 002 - 20

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 006 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	F_4 (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	12000	12068	12068	12068	12068
20	24000	24117	24107	24082	24102
30	36000	36137	36127	36127	36131
40	48000	48183	48188	48183	48184
50	60000	60245	60238	60243	60242
60	72000	72279	72284	72294	72286
70	84000	84351	84358	84363	84354
80	96000	96387	96493	96478	96453
90	108000	108520	108515	108525	108520
100	120000	120577	120572	120577	120576
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud ϵ (%)	Repetibilidad δ (%)	Reversibilidad ν (%)	Resol. Relativa α (%)	
12000	-0.55	0.00	0.04	0.08	0.34
24000	-0.31	0.15	0.50	0.04	0.42
36000	-0.25	0.03	0.44	0.03	0.41
48000	-0.27	0.01	0.45	0.02	0.41
60000	-0.29	0.01	0.45	0.02	0.41
72000	-0.18	0.02	0.48	0.01	0.42
84000	-0.19	0.01	0.51	0.01	0.42
96000	-0.14	0.11	0.54	0.01	0.43
108000	-0.13	0.01	0.58	0.01	0.45
120000	-0.13	0.00	0.61	0.01	0.46

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (‰) 0.10 %



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

ANEXO 6: Panel fotográfico



FOTO N° 1: Ubicación y selección del material



FOTO N° 2: Dosificación de suelo seco



FOTO N° 3: Proceso de homogenización de muestras



FOTO N° 4: Horno ladrillero artesanal



FOTO N° 5: Proceso de tamizado de cenizas



FOTO N°6: Adición de fibra de las cenizas de hornos ladrilleros



FOTO N° 7: Pasado con agua al molde



FOTO N° 8: Vertido y moldeado de la mezcla de adobe



FOTO N° 9: Enrazado de la mezcla en el molde



FOTO N° 10: Desmoldado del adobe



FOTO N° 11: Proceso de secado de adobes



FOTO N° 12: Ensayo de Resistencia a compresión