UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025

Para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. Johan Greit CERRON ATACHAO

ASESOR:
Msc. Ing. Edward LEÓN PALACIOS

AYACUCHO - PERÚ

2026

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físico-mecánicas del adobe para su aplicación en viviendas rurales de Ayacucho, 2025. La investigación fue de enfoque cuantitativo, diseño experimental y alcance explicativo. Se elaboraron unidades de adobe con porcentajes de ceniza de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% y 10%, evaluándose mediante ensayos de absorción, succión, erosión acelerada de Swinburne, compresión y flexión. De acuerdo con antecedentes científicos reportados en la literatura especializada, la ceniza de tallo de maíz presenta características físicas y químicas que sustentan su potencial utilización como material estabilizante en unidades de adobe, el cual muestra un alto contenido de sílice (SiO_2) con un 68.90%, alúmina (Al_2O_3) con un 0.64%, óxido de fierro (Fe_2O_3) con un 0.49% y óxido de calcio (CaO) con un 3.74%, sumando 73.77%, lo que evidencia su potencial puzolánico. Además, de un peso específico de 1.42 g/cm³ y bajo contenido de humedad (0.56%), características que favorecen su uso como aditivo estabilizante. Los resultados físicos mostraron que el tratamiento con 7.5% de ceniza presentó el mejor desempeño, reduciendo la absorción de 8.25% (patrón) a 2.11%, la succión de 8.44 a 6.27 g/min/200cm² y la erosión de 15.83 a 9.67 mm. En contraste, el 10% evidenció comportamientos desfavorables, como una succión elevada de 22.64 g/min/200cm² y mayor erosión (32.67 mm). Respecto a las propiedades mecánicas, el 7.5% alcanzó la mayor resistencia a la compresión (25.06 kg/cm² frente a 11.35 kg/cm² del patrón) y a la flexión (5.31 kg/cm² frente a 4.21). Los análisis estadísticos (ANOVA y Kruskal-Wallis) confirmaron diferencias significativas ($p < 0.05$), evidenciando la influencia de la ceniza en el comportamiento del material. El análisis conjunto de las propiedades evaluadas permitió identificar que la dosificación de 7.5% presentó el mejor desempeño global entre los tratamientos estudiados. Su uso representa una alternativa sostenible y eficiente para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adobe destinado potencialmente a la construcción de viviendas rurales.

Palabras clave : Adobe, ceniza, tallo de maíz, resistencia a la compresión.

Abstract

The present study aimed to evaluate the effect of incorporating corn stalk ash on the physical-mechanical properties of adobe for its application in rural houses in Ayacucho, 2025. The research was of a quantitative approach, experimental design and explanatory scope. Adobe bricks were prepared with ash percentages of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10%, and evaluated through absorption, suction, Swinburne accelerated erosion, compression, and flexural strength tests. Regarding the characterization of the ash, a high content of silica (SiO_2) was determined at 68.90%, followed by alumina (Al_2O_3) at 0.64%, iron oxide (Fe_2O_3) at 0.49%, and calcium oxide (CaO) at 3.74%, totaling 73.77%, which demonstrates its pozzolanic potential. Furthermore, it presented a specific gravity of 1.42 g/cm³ and a low moisture content (0.56%), characteristics that favor its use as a stabilizing additive. The physical results showed that the treatment with 7.5% ash exhibited the best performance, reducing absorption from 8.25% (control) to 2.11%, suction from 8.44 to 6.27 g/min/200cm², and erosion from 15.83 to 9.67 mm. In contrast, the 10% treatment showed unfavorable behavior, such as a high suction of 22.64 g/min/200cm² and greater erosion (32.67 mm). Regarding mechanical properties, the 7.5% treatment achieved the highest compressive strength (25.06 kg/cm² vs. 11.35 kg/cm² for the control) and flexural strength (5.31 kg/cm² vs. 4.21 kg/cm² for the control). Statistical analyses (ANOVA and Kruskal-Wallis) confirmed significant differences ($p < 0.05$), demonstrating the influence of ash on the material's behavior. It is concluded that corn stalk ash significantly improves the properties of adobe, with 7.5% being the optimal dosage. Its use represents a sustainable and efficient alternative to improve the physical and mechanical properties of adobe potentially intended for the construction of rural housing.

Keywords: Adobe, ash, corn stalk, compressive strength

Introducción

En diversas zonas rurales del Perú, el adobe continúa siendo uno de los materiales de construcción más utilizados debido a su bajo costo, disponibilidad local y facilidad de elaboración, constituyéndose en un componente esencial de la arquitectura tradicional andina. Sin embargo, a pesar de su amplia difusión, este material presenta limitaciones que comprometen la seguridad y durabilidad de las viviendas rurales. Entre estas deficiencias destacan su baja resistencia mecánica, la elevada absorción de humedad y su vulnerabilidad ante eventos sísmicos o lluvias intensas, factores que incrementan el riesgo de colapso estructural y exponen a las familias a un alto grado de inseguridad habitacional. (Ukwizagira & Mbereyaho, 2023)

Frente a estas dificultades, la comunidad científica y técnica ha explorado alternativas que permitan mejorar las propiedades del adobe mediante la incorporación de aditivos naturales, químicos o residuos agroindustriales capaces de incrementar su resistencia y reducir su deterioro por humedad (Shilar et al., 2023). En esta línea, el uso de cenizas provenientes de residuos agrícolas ha demostrado un potencial relevante debido a su contenido mineral y a su capacidad para modificar favorablemente la cohesión, densidad y durabilidad del material.

En los últimos años, la investigación sobre la valorización de residuos agroindustriales ha evidenciado mejoras en la resistencia a la compresión, en la flexión y en la reducción de la absorción de agua del adobe (Morsy et al., 2022). No obstante, pese al avance logrado, los subproductos derivados del cultivo de maíz, especialmente los tallos y hojas, aún no han sido suficientemente explorados, a pesar de su abundancia en regiones rurales como Ayacucho. En áreas rurales, estos residuos suelen ser quemados o abandonados, generando contaminación ambiental y desaprovechando su potencial uso como insumo para tecnologías constructivas sostenibles (Romero, 2022). Este vacío de conocimiento limita la posibilidad de emplear la ceniza de tallo de maíz como un estabilizante accesible y de bajo costo que contribuya al fortalecimiento del adobe, particularmente en zonas rurales donde la necesidad de mejorar el desempeño del adobe utilizado en viviendas rurales es urgente. Por ello, se

vuelve imprescindible desarrollar estudios sistemáticos que permitan determinar sus efectos reales en las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de adobe.

En este contexto, el presente estudio adquiere relevancia social, ya que busca contribuir al bienestar de las comunidades rurales mediante la mejora del desempeño del adobe utilizado en viviendas rurales construidas con materiales asequibles y disponibles localmente. En el plano teórico, amplía la literatura sobre el uso de residuos agroindustriales en materiales alternativos de construcción, proporcionando evidencia científica sobre el desempeño del adobe estabilizado con ceniza de tallo de maíz. Desde la perspectiva metodológica, emplea un diseño experimental que permitirá determinar con rigurosidad la influencia de distintas proporciones de ceniza, bajo lineamientos técnicos de la Norma E.080. Finalmente, en el ámbito práctico, los resultados permitirán recomendar proporciones óptimas de este aditivo, favoreciendo construcciones más resistentes, económicas y sostenibles.

En coherencia con este propósito, la investigación tiene como objetivo general evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales en Ayacucho, 2025.

La presente investigación se desarrolla en 5 capítulos:

Capítulo I: Que lleva como título el problema de la investigación: el cual describe el planteamiento del problema, la formulación, la delimitación, la justificación e importancia, limitaciones y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Que es titulado como marco teórico: presenta los antecedentes y bases teóricas relacionadas con el adobe, sus propiedades y los aditivos utilizados en su mejora, así como los fundamentos sobre la ceniza de tallo de maíz y normativa aplicable

Capítulo III: Que se titula método de investigación: donde se muestra el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, hipótesis, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas estadísticas y el desarrollo del trabajo de tesis.

Capítulo IV: Se titula resultados: En este capítulo se muestra los resultados que se obtuvieron de los objetivos planteados, su análisis y la contrastación de hipótesis.

Capítulo V: Que lleva como título conclusiones: En este capítulo se analiza y describe los resultados que se obtuvieron del capítulo anterior, conclusiones, recomendaciones, trabajos futuros, referencias bibliográficas y anexos.

Dedicatoria.

Dedico este presente esfuerzo a Dios, por haberme brindado todas las fuerzas y nunca haberme abandonado para conseguir este objetivo.

Dedicatoria.

A mi mamá Olga Atachao Vilcapoma por brindarme el apoyo incondicional en cada momento, a mi papá Edgar Cerron Quispe quien me protege desde el cielo, a mis hermanos Christian y Rodrigo, a mi sobrinito Fabianno, a mis abuelos Félix y Edmunda, a mi gatita Nurmagomedov y a Fux quienes fueron mi motivación para poder obtener fuerzas y así cumplir mis metas.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi madre, cuyo amor incondicional y consejos ha sido mi motivación para alcanzar mis metas. Su valor, principios y resiliencia siempre me han inspirado a seguir esforzándome para perseguir mis sueños y no rendirme ante las circunstancias. Y a mis abuelos Félix y Edmunda por su amor, apoyo y por ser ese refugio lleno de paciencia y enseñanza.

Al Mg. Ing. Edward León Palacios, asesor de la presente tesis, por su tiempo, consejos, recomendaciones y apreciaciones necesarias para la formulación del presente trabajo de investigación.

Agradezco a Dios por brindarme salud y resiliencia para seguir esforzándome y poder alcanzar la oportunidad de terminar mis estudios en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

A cada uno de los miembros de mi jurado, quiero expresarles mi gratitud por sus consejos y apoyo durante la revisión y evaluación de este trabajo de investigación.

A la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por permitir mi estadía en cada semestre durante mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, a mi querida familia por todo el apoyo brindado durante todo este tiempo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, MAYO DE 2026

JOHAN GREIT CERRON ATACHAO

Índice General

Resumen . . . . . **ii**
Introducción . . . . . **iv**
Dedicatoria . . . . . **vi**
Agradecimientos . . . . . **vii**
Índice General . . . . . **viii**
Índice de Figuras . . . . . **xii**
Índice de Tablas . . . . . **xv**
Glosarios . . . . . **xviii**
Lista de Acrónimos . . . . . **xx**
Símbolos . . . . . **xxi**

Capítulo I
Planteamiento del Problema 1
1.1. Descripción del problema 1
1.2. Delimitación del problema. 3
1.2.1. Espacial (geográfica). 3
1.2.2. Temporal. 3
1.2.3. Temática y unidad de análisis. 3
1.3. Formulación del problema. 3
1.3.1. Problema general. 3
1.3.2. Problemas específicos. 3
1.4. Justificación e importancia. 4
1.4.1. Social 4
1.4.2. Teórico 4
1.4.3. Metodológica 4
1.4.4. Práctica. 5
1.5. Limitaciones de la investigación. 5
1.5.1. Objetivo general. 5
1.5.2. Objetivos específicos. 5

Capítulo II
Marco Teórico. 6
2.1. Antecedentes. 6
2.1.1. Investigaciones internacionales 6

2.1.2. Investigaciones nacionales 8
2.2. Bases teóricas 12
2.2.1. Adobe 12
2.2.1.1. Definición 12
2.2.1.2. Historia y evolución del adobe como material de construcción 12
2.2.1.3. Usos del adobe en viviendas rurales 13
2.2.1.4. Ventajas y limitaciones del adobe tradicional 13
2.2.1.5. Ensayo de Análisis y Control en el laboratorio. 14
2.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del adobe 15
2.2.2.1. Propiedades físicas del adobe 15
2.2.2.2. Propiedades mecánicas del adobe 16
2.2.3. Aditivos en la mejora del adobe estabilizados 17
2.2.3.1. Uso de residuos agroindustriales en materiales de construcción 17
2.2.3.2. Tipos de aditivos orgánicos e inorgánicos aplicados al adobe 18
2.2.3.3. Influencia de los aditivos en las propiedades físicas y mecánicas . . . 18
2.2.4. Ceniza de tallo de maíz 19
2.2.4.1. Características químicas y físicas de la ceniza de maíz 19
2.2.4.2. Estudios previos sobre la incorporación de cenizas vegetales en materiales de construcción 19
2.2.4.3. Potencial de la ceniza de maíz como aditivo para adobe 20
2.2.5. Normativas y estándares técnicos aplicables 20
2.2.5.1. Normas nacionales e internacionales sobre construcción con adobe. 20
2.3. Marco conceptual 21
2.3.1. Adobe 21
2.3.2. Cenizas 21
2.3.3. Absorción 22
2.3.4. Succión 22
2.3.5. Resistencia a la compresión 22
2.3.6. Resistencia a la flexión 22
2.3.7. Durabilidad 22

Capítulo III
Método de la Investigación 23
3.1. Enfoque 23
3.2. Alcance 23
3.3. Diseño de investigación. 24
3.4. Población y muestra 24

3.5. Hipótesis 26
3.5.1. Hipótesis general 26
3.5.2. Hipótesis específicas 26
3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional 26
3.6.1. Variables. 26
3.6.2. Definición Conceptual 26
3.6.3. Definición Operacional 27
3.6.4. Operacionalización de variables 27
3.7. Técnicas e instrumentos 29
3.7.1. Técnicas de recolección de datos. 29
3.7.2. Instrumentos de recolección de datos 29
3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de información 29
3.9. Desarrollo del trabajo de tesis 30
3.9.1. Procedimiento de recolección de datos:. 30
3.9.1.1. Procedimiento de recolección de suelo:. 30
3.9.1.2. Procedimiento de Recolección de ceniza de maíz: 31
3.9.2. Ensayos Preliminares: 34
3.9.2.1. Prueba de color. 34
3.9.2.2. Prueba Dental: 35
3.9.2.3. Prueba olfativa: 36
3.9.2.4. Prueba de brillo:. 37
3.9.2.5. Prueba de rollo o elasticidad:. 38
3.9.2.6. Prueba de resistencia seca, o disco o de la bolita: 39
3.9.2.7. Prueba de sedimentación o de la botella:. 40
3.9.2.8. Adobe de pruebas: 41
3.9.3. Ensayos de análisis y control para unidades de Adobe: 42
3.9.3.1. Muestreo: 42
3.9.3.2. Contenido de Humedad (ASTM D2216-71, NTP 330.127):. 43
3.9.3.3. Límites de Atterberg (ASTM 423-66) 45
3.9.3.4. Análisis granulométrico del suelo 51
3.9.4. Elaboración de las unidades de adobes 55
3.9.5. Ensayos de Análisis y Control del Adobe en Laboratorio. 62
3.9.5.1. Propiedades Físicas 62

Capítulo IV

Resultados **77**
4.1. Contrastación de hipótesis 77
4.1.1. Hipótesis general 77
4.1.2. Hipótesis Específica N° 1: 84
4.1.3. Hipótesis Específica N° 2: 86
4.1.4. Hipótesis Específica N° 3: 91
4.1.5. Hipótesis Específica N° 4: 96
4.2. Análisis e interpretación 97
4.2.1. Objetivo específico N° 1 97
4.2.2. Objetivo específico N° 2 98
4.2.3. Objetivo específico N° 3 100
4.2.4. Objetivo específico N° 4 102

Capítulo V
Conclusiones **107**
Conclusiones 107
5.1. Conclusiones 107
5.1.1. Conclusión general. 107
5.1.2. Conclusión Objetivo Específico N° 1 107
5.1.3. Conclusión Objetivo Específico N° 2 107
5.1.4. Conclusión Objetivo Específico N° 3 108
5.1.5. Conclusión Objetivo Específico N° 4 108
5.2. Recomendaciones 108
5.3. Trabajos futuros 110
Referencias bibliográficas 111

Anexo A
. 118

Anexo B
. 119

Anexo C
. 120

Índice de Figuras

Figura 1 Desperdicio de chala de maíz. 2

Figura 2 Ubicación de la muestra 1 de suelo 30
Figura 3 Ubicación de la muestra 2 de suelo 31
Figura 4 Recolección de chala de maíz. 31
Figura 5 Deshojo de la planta de maíz.. 32
Figura 6 Quema del tallo de maíz en horno artesanal. 32
Figura 7 Ceniza del tallo de maíz de tonalidad gris claro. 33
Figura 8 Tamizado de ceniza de tallo de maíz.. 33
Figura 9 Prueba de color. 35
Figura 10 Prueba dental.. 36
Figura 11 Prueba olfativa.. 37
Figura 12 Prueba de brillo. 38
Figura 13 Prueba de rollo o elasticidad. 39
Figura 14 Prueba de resistencia seca. 40
Figura 15 Prueba de sedimentación.. 41
Figura 16 Cuarteo de la muestra 1 y 2 de suelo. 43
Figura 17 Balanza y bandejas. 43
Figura 18 Muestra 1 y 2 de suelo colocadas dentro del horno. 44
Figura 19 Materiales utilizados para la determinación de límites de Atterberg. 46
Figura 20 Muestra 1 y 2 para la determinación de límite líquido. 47
Figura 21 Muestra 1 y 2 para la determinación de límite plástico. 49
Figura 22 Juego de tamices. 52
Figura 23 Determinación del análisis granulométrico del suelo. 52
Figura 24 Curva granulométrica de la muestra 1. 55
Figura 25 Preparación de área para la elaboración de adobes. 57
Figura 26 Paja para la elaboración de los adobes. 58
Figura 27 Moldes para la elaboración de los adobes.. 58
Figura 28 Formación de la masa de adobe con distintas dosificaciones. 59
Figura 29 Pesado de la ceniza para la elaboración de adobes de dimensión de 25x13x10cm. 59
Figura 30 Pesado de la ceniza para la elaboración de adobes de dimensión de 10x10x10cm. 60
Figura 31 Dormido de la mezcla para la elaboración de adobes. 60
Figura 32 Elaboración de adobes. 61

Figura 33 Adobes de dimensión de 25x13x10cm. 61
Figura 34 Adobes de dimensión de 10x10x10cm. 61
Figura 35 Adobes secos de dimensión de 25x13x10cm. 62
Figura 36 Adobes secos de dimensión de 10x10x10cm. 62
Figura 37 Secado de los adobes. 63
Figura 38 Sumergir los adobes. 63
Figura 39 Peso húmedo de la muestra 2 de adobe con 7.5% de ceniza y de la muestra 1 de adobe con 10% de ceniza. 63
Figura 40 Secado de los adobes. 65
Figura 41 Medición de los adobes. 65
Figura 42 Pesado de los adobes. 66
Figura 43 Ensayo de la resistencia a la erosión acelerada. 67
Figura 44 Equipo de SAET. 68
Figura 45 Medir la oquedad que deja el ensayo en el adobe. 68
Figura 46 Medida de la muestra 3 del adobe con 5% de ceniza de tallo de maíz. 68
Figura 47 Muestra centrada entre las placas de la máquina de ensayo. 70
Figura 48 Muestra de adobe sobre los apoyos con separación L. 75
Figura 49 Ensayo de flexión en las instalaciones del laboratorio. 75

Figura 50 Resultados promedio del ensayo de absorción (%). 78
Figura 51 Resultados promedio del ensayo de succión (g/min/200cm²). 79
Figura 52 Resultados promedio del ensayo a la resistencia a la erosión acelerada (mm). . 80
Figura 53 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) a los 7 días. 81
Figura 54 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) a los 14 días. 82
Figura 55 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) a los 28 días. 82
Figura 56 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) de la unidad de 25x13x10cm a los 28 días. 83
Figura 57 Comparación de los resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión de las unidades de 25x13x10cm y 10x10x10cm a los 28 días. . . . 83
Figura 58 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la flexión (Kg/cm²). 84
Figura 59 Gráfico de medias para Absorción (%) por tratamientos. 87
Figura 60 Gráfico de medias para Succión (g/min/200cm²) por tratamientos. 89
Figura 61 Gráfico de medias para Erosión acelerada (mm) por tratamientos. 90
Figura 62 Gráfico de medias para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 10x10x10cm. 93

Figura 63 Gráfico de medias para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 25x13x10cm.. 94
Figura 64 Gráfico de medias para Resistencia a la flexión a los 28 días.. 96
Figura 65 Tendencia de los resultados del ensayo de absorción ante la adición de CTM. 103
Figura 66 Tendencia de los resultados del ensayo de succión ante la adición de CTM. . 103
Figura 67 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la erosión acelerada de Swinburne ante la adición de CTM. 103
Figura 68 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de adobes de 10x10x10cm ante la adición de CTM. 104
Figura 69 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de adobes de 25x13x10cm ante la adición de CTM. 104
Figura 70 Comparación de tendencias de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de 25x13x10cm y 10x10x10cm ante la adición de CTM.. 104
Figura 71 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión ante la adición de CTM. 105
Figura 72 Gráfica de resultados vs dosificación de CTM en los diversos ensayos realizados. 105

Índice de Tablas

Tabla 1 *Tipos de aditivos aplicados al adobe* 18
Tabla 2 *Características de la ceniza de maíz.* 19

Tabla 3 *Diagrama del diseño completamente al azar* 24
Tabla 4 *Distribución de la muestra de unidades de adobe según tipo de ensayo* 25
Tabla 5 *Distribución de la muestra de unidades de adobe según dosificación y análisis* 25
Tabla 6 *Operacionalización de variables.* 27
Tabla 7 *Elaboración propia con base en antecedentes científicos reportados sobre las características físicas y químicas de la ceniza de tallo de maíz.* 34
Tabla 8 *Prueba de color* 35
Tabla 9 *Prueba dental* 36
Tabla 10 *Prueba olfativa* 37
Tabla 11 *Prueba de brillo* 38
Tabla 12 *Prueba de rollo o elasticidad* 39
Tabla 13 *Prueba de resistencia seca, o disco o de la bolita* 40
Tabla 14 *Prueba de sedimentación o de la botella* 41
Tabla 15 *Adobe de pruebas* 42
Tabla 16 *Determinación de la humedad de la muestra 1* 45
Tabla 17 *Determinación de la humedad de la muestra 2* 45
Tabla 18 *Determinación del límite líquido de la muestra 1* 48
Tabla 19 *Determinación del límite líquido de la muestra 2* 48
Tabla 20 *Determinación del límite plástico de la muestra 1* 49
Tabla 21 *Determinación del límite plástico de la muestra 2* 50
Tabla 22 *Datos del análisis granulométrico* 53
Tabla 23 *Análisis granulométrico por tamiz de la muestra 1* 54
Tabla 24 *Análisis granulométrico por tamiz de la muestra 2* 54
Tabla 25 *Dosificación de unidades de adobe de 25x13x10cm.* 56
Tabla 26 *Dosificación de unidades de adobe de 10x10x10cm.* 57
Tabla 27 *Total de materiales* 58
Tabla 28 *Datos del ensayo de absorción* 64
Tabla 29 *Datos del ensayo de succión* 66
Tabla 30 *Parámetros del ensayo de erosión acelerada.* 69
Tabla 31 *Datos del ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)* 69
Tabla 32 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 10x10x10cm a los 7 días* 71

Tabla 33 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 10x10x10cm a los 14 días* 72
Tabla 34 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 10x10x10cm a los 28 días* 73
Tabla 35 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 25x13x10cm a los 28 días* 74
Tabla 36 *Datos del ensayo de resistencia a la flexión de unidades de 25x13x10cm a los 28 días* 76
Tabla 37 *Resultados promedio del ensayo de absorción (%) con los diferentes tratamientos* 78
Tabla 38 *Resultados promedio del ensayo de succión (g/min/200cm²) con los diferentes tratamientos* 79
Tabla 39 *Resultados promedio del ensayo a la resistencia a la erosión acelerada (mm) con los diferentes tratamientos* 80
Tabla 40 *Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) del adobe 10x10x10cm con los diferentes tratamientos a los 7, 14 y 28 días* 81
Tabla 41 *Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) del adobe 25x13x10cm con los diferentes tratamientos a los 28 días* 82
Tabla 42 *Resultados promedio del ensayo resistencia a la flexión (Kg/cm²)*. 84
Tabla 43 *Características de la ceniza de tallo de maíz* 85
Tabla 44 *Prueba de Kruskal-Wallis para Absorción (%) por Tratamientos* 87
Tabla 45 *Prueba de Kruskal-Wallis para Succión (g/min/200cm²) por Tratamientos*. . . . 88
Tabla 46 *Prueba ANOVA para Erosión acelerada de Swinburne (mm) por tratamientos* 89
Tabla 47 *Pruebas de Múltiple Rangos para Erosión acelerada (mm) por tratamientos*. . 90
Tabla 48 *Prueba ANOVA para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 10x10x10cm* 91
Tabla 49 *Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 10x10x10cm* 92
Tabla 50 *Prueba ANOVA para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 25x13x10cm* 93
Tabla 51 *Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 25x13x10cm* 94
Tabla 52 *Prueba ANOVA para Resistencia a la flexión.* 95
Tabla 53 *Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la flexión* 95

Tabla 54 *Composición química reportada para cenizas derivadas de tallo de maíz según antecedentes científicos.* 97

Glosarios

Absorción de agua Capacidad del adobe para captar agua cuando se encuentra en contacto con ella, expresada como porcentaje respecto a su peso seco.

Aditivo Material adicional incorporado a la mezcla de adobe con el fin de modificar o mejorar sus características, como la resistencia, absorción o estabilidad.

Adobe estabilizado Tipo de adobe al que se le incorporan aditivos (como ceniza de tallo de maíz) para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, especialmente su resistencia y durabilidad.

Análisis granulométrico Ensayo que permite determinar la distribución de tamaños de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla), fundamental para definir su idoneidad en la fabricación de adobe.

Ceniza de tallo de maíz Residuo mineral obtenido de la combustión del tallo de maíz, rico en sílice y otros compuestos, utilizado como aditivo para mejorar el comportamiento del adobe.

Contenido de humedad Cantidad de agua presente en el suelo o en el adobe, expresada como porcentaje respecto al peso seco.

Curado Proceso de secado controlado del adobe, evitando exposición directa al sol para prevenir fisuras y asegurar el desarrollo adecuado de resistencia.

Diseño completamente al azar (DCA) Diseño experimental utilizado en la investigación, donde los tratamientos se asignan de manera aleatoria para evaluar el efecto de la ceniza en el adobe.

Dosificación Proporción en la que se incorporan los materiales en la mezcla del adobe, en este caso el porcentaje de ceniza de tallo de maíz.

Durabilidad Capacidad del adobe para mantener sus propiedades físicas y mecánicas frente a condiciones ambientales como humedad, lluvia o cambios de temperatura.

Ensayo de flexión Prueba que evalúa la resistencia del adobe frente a esfuerzos de flexión.

Ensayo de compresión Prueba que determina la capacidad del adobe para soportar cargas axiales hasta su falla.

Erosión Capacidad del adobe para mantener sus propiedades físicas y mecánicas frente a condiciones ambientales como humedad, lluvia o cambios de temperatura.

Límites de Atterberg Parámetros que determinan la consistencia del suelo (límite líquido, plástico e índice de plasticidad), fundamentales para evaluar su comportamiento.

Muestra patrón Grupo de adobes sin adición de ceniza que sirve como referencia para comparar los resultados experimentales.

Propiedades mecánicas Características que definen la resistencia del adobe frente a cargas, como compresión y flexión.

Propiedades físicas Características del adobe relacionadas con su comportamiento frente al agua y el ambiente, como absorción, succión y durabilidad.

Succión Capacidad del adobe para absorber agua por acción capilar en un tiempo determinado.

Unidad de adobe Bloque individual fabricado para ser sometido a ensayos de laboratorio.

Lista de Acrónimos

ANOVA	:	Análisis de Varianza.
AS	:	Arena sílica.
ASTM	:	American Society for Testing and Materials.
CBCA	:	Ceniza de bagazo de caña de azúcar.
CCA	:	Ceniza de mazorca de maíz (Corn Cob Ash).
CCG	:	Ceniza de cáscara de granadilla.
CTM	:	Ceniza del tallo del maíz.
CTT	:	Ceniza de tallo de trigo.
DCA	:	Diseño Completamente al Azar.
EDS	:	Espectroscopía de Energía Dispersiva.
IP	:	Índice de Plasticidad .
LL	:	Límite Líquido.
LP	:	Límite Plástico.
NTP	:	Norma Técnica Peruana.
RNE	:	Reglamento Nacional de Edificaciones.
SAET	:	Swinburne Accelerated Erosion Test (Ensayo de erosión acelerada).
SEM	:	Microscopía Electrónica de Barrido.
UNE	:	Norma Española.
UTM	:	Universal Transversal de Mercator.
XRD	:	Difracción de Rayos X.
XRF	:	Fluorescencia de Rayos X.

Símbolos

$\boldsymbol{A}$	Área de la muestra [A]
$\boldsymbol{b}$	Ancho de la muestra [b]
$\boldsymbol{P}$	Carga máxima aplicada [P]
$\boldsymbol{cm}$	Centímetros [cm]
$\boldsymbol{cm^2}$	Centímetros cuadrados [cm^2]
$\boldsymbol{d}$	Espesor de la muestra [d]
$\boldsymbol{g}$	Gramos [g]
$\boldsymbol{Kg}$	Kilogramos [Kg]
$\boldsymbol{Kg/cm^2}$	Kilogramos por centímetro cuadrado [Kg/cm^2]
$\boldsymbol{L}$	Longitud o distancia entre apoyos [L]
$\boldsymbol{MPa}$	Megapascales [MPa]
$\boldsymbol{m^2}$	Metros cuadrados [m^2]
$\boldsymbol{mm}$	Milímetros [mm]
$\boldsymbol{Whumedo(Wh)}$	Peso del adobe después de absorber agua [$Whumedo(Wh)$]
$\boldsymbol{Wseco(Ws)}$	Peso del adobe seco [$Wseco(Ws)$]
$\%$	Porcentaje [$\%$]
$\boldsymbol{f'c}$	Resistencia a la compresión [$f'c$]
$\boldsymbol{S}$	Resistencia a la flexión [S]
$\boldsymbol{W/mK}$	Vatios por metro Kelvin [W/mK]

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1 Descripción del problema

El adobe es un material tradicional ampliamente requerido en la construcción de viviendas rurales en diversas regiones del Perú, a causa de su gasto limitado, disponibilidad local y facilidad de elaboración. Su uso representa una parte fundamental de la cultura constructiva de comunidades campesinas, que lo emplean principalmente para levantar muros portantes y divisiones interiores en viviendas familiares. El adobe se fabrica a base de una mezcla de tierra, agua y en ocasiones paja, moldeada en bloques que posteriormente se secan al aire libre (J. Chavez & Alva, 2020).

Cabe mencionar que, el adobe exhibe importantes limitaciones que comprometen la robustez y sostenibilidad de las edificaciones. Entre los principales problemas se encuentran su baja resistencia mecánica, la elevada absorción de humedad y su escasa capacidad para soportar cargas sísmicas. Estas deficiencias originan que las viviendas construidas con adobe convencional sean vulnerables a colapsos durante lluvias intensas o movimientos telúricos, poniendo al núcleo familiar residentes a situaciones de peligro (Ukwizagira & Mbereyaho, 2023).

En respuesta a estas limitaciones, se han propuesto diversas alternativas de solución orientadas a mejorar las propiedades de este bloque de barro. Entre ellas, destacan la incorporación de estabilizantes químicos y el uso de residuos orgánicos o inorgánicos que, mezclados con la tierra, incrementan la resistencia a la compresión y reducen la absorción de agua (Shilar et al., 2023).

La incorporación de cenizas obtenidas de distintos residuos agroindustriales ha emergido como una vertiente de análisis académico importante para el avance de insumos constructivos sustentables. Las cenizas, producto de la combustión controlada de cáscaras, tallos y hojas de cultivos agrícolas, contienen compuestos minerales como sílice y cal, que

contribuyen a mejorar la cohesión y densidad de los bloques de adobe. Estudios realizados con ceniza de cáscara de arroz, bagazo de caña y hojas de eucalipto han demostrado resultados positivos al incrementar la resistencia mecánica y reducir la deformación de los elementos constructivos (Morsy et al., 2022).

En este contexto, una alternativa que merece atención es el aprovechamiento de subproductos del proceso agrícola del maíz, que en muchas zonas rurales son quemados o abandonados, generando contaminación ambiental y desperdicio de un recurso potencialmente útil. El tallo y las hojas del maíz, luego de la cosecha, se producen en grandes volúmenes que no son aprovechados de manera productiva, pese a su disponibilidad y bajo costo (Romero, 2022).

Figura 1 Desperdicio de chala de maíz.
Fuente: Propia

Por ello, resulta necesario plantear soluciones que incorporen estos residuos en la fabricación de adobe, con el propósito de aprovechar sus propiedades químicas y reducir la problemática ambiental derivada de su quema. El uso de ceniza de tallo de maíz se perfila como posibilidad factible y de bajo costo para fortalecer los bloques de adobe empleados en viviendas rurales.

No obstante, existe un vacío de conocimiento respecto al comportamiento físico y mecánico del adobe estabilizado con ceniza de tallo de maíz. Hasta el momento, no se han desarrollado estudios sistemáticos que evalúen las proporciones óptimas de este aditivo y su incidencia en las propiedades del material en la región de Ayacucho. Este desconocimiento limita la posibilidad de aprovechar de manera adecuada estos residuos agrícolas direccionados a ámbitos constructivos.

Se estima que el 7% de las emisiones de dióxido de carbono producidas por el hombre proviene de la sinterización de materia prima como la arcilla y la piedra caliza a una temperatura de 1500 °C y por el combustible necesario para la producción de cemento, es por eso que el concreto no parece ser un material sostenible (Jonkers et al., 2010).

1.2 Delimitación del problema.

1.2.1 Espacial (geográfica).

Se desarrollará en el departamento de Ayacucho, Perú, donde el adobe es utilizado como uno de los materiales de construcción para viviendas.

1.2.2 Temporal.

El estudio se pondrá en marcha durante el lapso del año 2025, que incluye las etapas de acopio de materiales, elaboración de muestras, realización de ensayos de laboratorio, análisis de resultados y redacción del informe final.

1.2.3 Temática y unidad de análisis.

Se centra en la evaluación de la influencia de la ceniza de tallo de maíz sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de mejoramiento de viviendas rurales. En cuanto a la unidad, está constituida por los bloques de adobe diseñados con distintas proporciones de ceniza como aditivo.

1.3 Formulación del problema.

1.3.1 Problema general.

¿Cómo influye la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe para la construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025?

1.3.2 Problemas específicos.

1. ¿Qué características presentan las cenizas de tallo de maíz como aditivo en la mezcla de adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025?

2. ¿Cuál es la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025?
3. ¿Cuál es la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas, Ayacucho, 2025?
4. ¿Cuál es la proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas, Ayacucho, 2025?

1.4 Justificación e importancia.

1.4.1 Social

Tiene relevancia social porque busca contribuir al mejorar el desempeño del adobe utilizado en viviendas rurales en el departamento de Ayacucho, mediante el uso de materiales accesibles y de bajo costo como la ceniza de tallo de maíz. Al optimizar las propiedades físicas y mecánicas del adobe, se promueve la mejora del desempeño del adobe, beneficiando especialmente a poblaciones vulnerables con recursos económicos limitados. Asimismo, se fomenta el aprovechamiento de residuos agrícolas que habitualmente se desechan, generando repercusión favorable en el tejido social y ecológico del área.

1.4.2 Teórico

Se ampliará literatura disponible acerca de la utilización de residuos agroindustriales en la optimización de insumos de construcción convencionales. Aporta evidencia científica sobre el efecto de la ceniza de tallo de maíz en el comportamiento físico-mecánico del adobe, un producto ancestral utilizado en el país. Los resultados generados constituirán un referente para futuras investigaciones relacionadas con la aplicación de otros residuos orgánicos en tecnologías constructivas sostenibles y permitirán fortalecer el marco teórico sobre la innovación en materiales alternativos de bajo impacto ambiental.

1.4.3 Metodológica

La investigación es importante metodológicamente porque emplea un diseño experimental que permitirá determinar de manera rigurosa la incidencia de diferentes proporciones de ceniza en el adobe. Este enfoque experimental brinda un modelo replicable en otras regiones del país, permitiendo estandarizar procedimientos de caracterización,

dosificación y ensayo de materiales con residuos agrícolas, bajo lineamientos técnicos de la Norma E.080.

1.4.4 Práctica

En el ámbito práctico, los resultados servirán de base para recomendar proporciones óptimas de ceniza de tallo de maíz que eleven las cualidades del adobe incorporado en la construcción de viviendas rurales. Esto permitirá reducir costos de producción, aprovechar residuos locales y garantizar la resistencia y durabilidad de las viviendas. Asimismo, la aplicación de estos hallazgos puede ser promovida por gobiernos locales, organizaciones no gubernamentales y programas de vivienda social interesados en fomentar tecnologías constructivas sostenibles en zonas rurales.

1.5 Limitaciones de la investigación.

No se estima en absoluto, restricción alguna en esta exploración, pues los objetivos planteados serán cumplidos de manera efectiva.

1.5.1 Objetivo general.

Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.

1.5.2 Objetivos específicos.

1. Determinar las características de las cenizas de tallo de maíz utilizadas como aditivo en la mezcla de adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.
2. Evaluar la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.
3. Evaluar la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas, Ayacucho, 2025.
4. Determinar la proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas, Ayacucho, 2025.

Capítulo II

Marco Teórico.

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Investigaciones internacionales

Banaba et al. (2025) en Francia, examinaron el efecto de la incorporación de cáscara de arroz en diferentes porcentajes (1%, 2% y 3%) sobre las propiedades térmicas, higrométricas, mecánicas y acústicas de adobes fabricados con dos tipos de suelo: silíceo y calcáreo. Emplearon un enfoque cuantitativo, nivel experimental y diseño comparativo, utilizando ensayos normalizados de conductividad térmica, resistencia a la compresión, absorción acústica y capacidad de amortiguación de humedad, aplicados a probetas cúbicas y cilíndricas. Los resultados mostraron que la conductividad térmica se redujo hasta en un 56% al adicionar 3% de cáscara (de 0.820 a 0.359 W/mK), y la capacidad de amortiguación de humedad aumentó significativamente, con reducción de masa de agua del 52% en suelos calcáreos y 56% en silíceos. La resistencia a la compresión disminuyó en suelos silíceos, pero aumentó un 17% en suelos calcáreos con 3% de adición. En conclusión, la envoltura de arroz mejora las características térmicas y de humedad de los ladrillos sin cocer, con efectos mecánicos variables y sin impacto relevante en su capacidad acústica, respaldando su potencial como insumo sostenible en la construcción.

Angulo (2024) en España, tuvo como propósito proponer un nuevo material de construcción basado en adobe, mediante la incorporación de cáscara de arroz y su ceniza, evaluando sus propiedades físico-mecánicas. Bajo un enfoque mixto, de nivel descriptivo y relacional, con un diseño experimental en el que se elaboraron distintas mezclas de adobe con residuos agrícolas, y se sometieron a ensayos de flexión, compresión, absorción de agua, densidad y porosidad según normativas UNE. Las probetas de 4x4x16 cm y bloques de adobe de 20x10x10 cm, elaborados artesanalmente fueron la muestra. Como hallazgo, se

destacó que la mezcla con un 10% de ceniza de cáscara de arroz y 1% de cal obtuvo una resistencia a la compresión de 2.32 MPa, mejorando significativamente frente a la mezcla patrón que presentó 0.80 MPa. Se concluye que agregar dichos residuos mejora la resistencia mecánica, reduce la absorción y optimiza la estructura interna del adobe, constituyendo una vía ambiental viable.

Dharek et al. (2021)en la India, desarrollaron ladrillos ecológicos sin cocción, denominados ladrillos de adobe, mediante la incorporación de desechos agrícolas provenientes de ingenios azucareros, específicamente ceniza de bagazo de caña de azúcar. Para ello, emplearon suelos locales del norte de Bengaluru y fabricaron ladrillos variando la proporción de ceniza entre 0% y 60% en incrementos del 10%. Se evaluaron diversas propiedades de ingeniería, como la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la densidad seca y la resistencia a la flexión, de acuerdo con los estándares normativos. La combinación con un 30% de ceniza de bagazo presentó un comportamiento favorable y cumplió con los requisitos establecidos por el código indio.

Sharma et al. (2022) en la India, enfocaron su investigación en el desarrollo de alternativas a los bloques de cemento mediante bloques de tierra cruda aditivada. Su estudio exploró la incorporación de residuos agrícolas, como fibra de paja de arroz y ceniza de bagazo de caña de azúcar, así como industriales, como polvo de mármol. Las proporciones de los aditivos oscilaron entre 25% y 35% de polvo de mármol, 7,5% y 12,5% de ceniza de bagazo, y 0,8% y 1,2% de fibra de paja de arroz, todas calculadas sobre peso seco del suelo. Se elaboraron 81 diseños de mezcla para determinar sus propiedades mecánicas, seguidos de modelado y optimización. El análisis mostró una mejora significativa para la resistencia mecánica de bloques de tierra sin cocer en insertar los mencionados elementos alcanzando valores máximos de resistencia a tracción y flexión de 0,56 MPa y 0,39 MPa, respectivamente. Ninguna combinación presentó eflorescencia, lo que evidenció su estabilidad. Los análisis microestructurales (SEM, EDS) y químicos (XRD, XRF) confirmaron la buena cohesión de la mezcla y atribuyeron el aumento de la resistencia a la presencia de cal y sílice en los aditivos.

Poorveekan et al. (2021) en Sri Lanka, desarrollaron una tecnología de geopolímeros para producir bloques de tierra estabilizada, empleando ceniza de cascarilla de arroz, polvo de cáscara de huevo y sosa cáustica. Se estudiaron distintas combinaciones para identificar la proporción óptima de componentes, evaluando contenidos de aglutinante al 10%, 15% y 20%, así como proporciones de polvo de cáscara de huevo y ceniza de cascarilla de arroz

(10:90, 20:80, 30:70 y 40:60). En total, se moldearon y ensayaron 288 cubos de 50 × 50 × 50 mm^3 y 36 vigas de 40 × 40 × 160 mm^3, tras periodos de curado de 7, 14 y 28 días. Las pruebas de densidad, absorción de humedad, resistencia a compresión, flexión y tracción, así como resistencia al impacto, costo de producción, consumo energético y emisiones de CO_2, mostraron que las proporciones de polvo de cáscara de huevo a ceniza de cascarilla de arroz de 10:90 y 20:80 fueron adecuadas. Aunque las resistencias a compresión fueron menores, los bloques de geopolímero cumplieron los requisitos de la norma de Sri Lanka para unidades de mampostería sin carga. Además, se evidenció una reducción considerable de costos, consumo de energía y emisiones durante su producción.

Ige y Danso (2022) en una exploración realizada en Estados Unidos, evaluaron las propiedades de ladrillos de adobe estabilizados con residuos de cascarilla de arroz y cal. Para ello, se elaboraron ladrillos de 140 × 100 × 100 mm^3, utilizando suelo, entre 0,25% y 1% de residuos de cascarilla de arroz y un 10% de cal. A los 28 días, los ladrillos estabilizados mostraron mejoras del 62% en la resistencia a compresión y del 95% a tracción, en contraste con ladrillos sin estabilizar que contenían un 0,75% de cascarilla de arroz. Además, el coeficiente de absorción se redujo entre un 13% y un 60%, mientras que la resistencia a la erosión se incrementó de manera significativa. El estudio también reveló una reducción de costos cercana al 7% respecto a la producción de ladrillos de sandcrete. Estas conclusiones destacan el potencial de aprovechar residuos de cascarilla de arroz en construcción, contribuyendo a reducir costos y al mismo tiempo aliviando el déficit de vivienda en países en desarrollo mediante el uso de materiales locales.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Merino (2022) en Jauja, realizó su investigación cuantitativa y de nivel explicativo y diseño experimental en donde tuvo como objetivo analizar cómo influye la incorporación de ceniza del tallo de habas en las propiedades físico-mecánicas del adobe. Utilizando como instrumentos fichas de ensayos de laboratorio y análisis de costos de fabricación. La muestra consistió en bloques de adobe elaborados con diferentes porcentajes de ceniza de tallo de habas. Como resultado principal, se determinó que la adición del 3.75% de ceniza optimizó significativamente las propiedades del adobe: la resistencia a la flexión aumentó en 25.8%, compresión en 2% y la absorción de agua se redujo en 42.9%. En conclusión, la incorporación de este subproducto agrícola mejora la calidad estructural y funcional del adobe.

Chavez (2021) en Cusco, determinó las propiedades físicas y mecánicas de unidades de adobe modificadas con incorporación de cenizas de tallo de cebada, utilizando como instrumentos ensayos de laboratorio, aplicados a una muestra de adobes con dosificaciones de ceniza de 3%, 6% y 9%, evaluados a los 7, 14 y 28 días. Como hallazgo, la dosificación del 6% de ceniza mejoró las propiedades físicas y mecánicas del adobe, registrándose un aumento de 4.45% en absorción, 18.10% en succión y 4.72% en resistencia a la compresión, aunque con una leve disminución de 1.48% en la resistencia a la flexión respecto al adobe patrón. En conclusión, la adición de ceniza de tallo de cebada, en particular en una proporción del 6%, influye positivamente en la calidad del adobe.

Canaza (2021) en Arapa, Azángaro – Puno, tuvo como propósito analizar cuánto repercute la inserción de ceniza de tallo de quinua en las propiedades mecánicas del bloque de adobe, se aplicaron ensayos de laboratorio a una muestra de 54 unidades de adobe con proporciones de 0%, 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza. Como hallazgo principal, se encontró que con una adición del 5% de ceniza de tallo de quinua, la resistencia a la compresión aumentó a 31.95 kg/cm² (incremento del 25.30% respecto al adobe convencional), y la resistencia a flexión alcanzó los 12.97 kg/cm² (mejora del 25.31%). Se concluye que agregar este aditivo natural progresa significativamente las propiedades mecánicas del adobe.

Flores (2024) en una exploración realizada en Puno, evaluó la contribución de ceniza de tallo de trigo (CTT) y arena sílica (AS) en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de muros de adobe. La muestra fue de 142 unidades de albañilería y se emplearon ensayos de laboratorio como instrumentos de medición para evaluar propiedades como resistencia a compresión, absorción, alabeo y variación dimensional. Los resultados evidenciaron que, con la dosificación del 4% (2.5% CTT + 1.5% AS), la resistencia a compresión simple aumentó a 13.56 kg/cm² (incremento del 25.79%), la resistencia a compresión en pilas alcanzó 9.55 kg/cm² (44.04% más) y la resistencia en muretes fue de 1.83 kg/cm² (289.36% de aumento). Se concluyó que el uso integrado de CTT y AS mejora las características físico-mecánicas del bloque artesanal de tierra, cumpliendo con las normas E.080 y E.070.

Vilca (2025) en una investigación hecha en el Centro Poblado Munaypa - Inchupalla - Huancané, Puno, determinó la participación de la ceniza del tallo del tarwi en las propiedades físico-mecánicas del adobe. Como instrumentos se emplearon normas técnicas (E.080, E.070, NTPs), formatos, y herramientas de laboratorio. La muestra comprendió 124 unidades entre

patrones y aquellas con 0.75%, 3.25% y 5.75% de adición de ceniza del tallo del tarwi (CTT). Los principales hallazgos mostraron que con 3.25% de CTT, la resistencia a la compresión de pilas alcanzó 8.14 kg/cm², la resistencia del mortero a la tracción indirecta fue de 0.17 kg/cm² y la compresión diagonal de muretes llegó a 0.32 kg/cm²; mientras que la absorción más baja, de 14.32%, se obtuvo con 5.75% de CTT. Se concluyó que la anexión de CTT mejora de manera positiva los parámetros físico-mecánicas del adobe en dicho contexto.

Macedo (2025) en Juliaca-Puno, desarrolló un estudio orientado a evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adobe compactado con adición de ceniza de cáscara de granadilla. La investigación fue de carácter experimental, realizándose íntegramente en un laboratorio acreditado, donde se controlaron todas las variables para cumplir con los objetivos planteados. Se fabricaron 40 unidades de adobe compactado para ensayos de variabilidad dimensional, 40 para alabeo, 20 para absorción, 72 para compresión, 24 pilas para compresión axial y 24 muros para evaluar la resistencia al corte, empleando dosificaciones de 1%, 2.5% y 4% de ceniza de cáscara de granadilla (CCG). Los ensayos se ejecutaron conforme a los lineamientos de las Normas E.070 y E.080. Se evidenció que los adobes estabilizados superaron la resistencia mínima establecida por la Norma E.080, mostrando mejoras en sus propiedades físicas. Sin embargo, el mayor efecto positivo se observó con la adición del 1% de CCG en unidades, pilas y muros, mientras que porcentajes superiores (2.5% y 4%) redujeron la resistencia respecto de la muestra patrón.

Alba y León (2022) mediante una exploración cuantitativa y de diseño experimental realizaron una tesis desarrollada en Caraz, en donde se propusieron determinar si la adición de fibra y ceniza de cáscara de pacay mejora las propiedades físicas y mecánicas de los adobes fabricados en esa localidad. La muestra consistió en 154 adobes, de los cuales 22 correspondieron a especímenes patrón y 132 a unidades experimentales. Los resultados mostraron que la inclusión de fibra y ceniza de cáscara de pacay redujo mínimamente las variaciones dimensionales y mejoró notablemente la resistencia al agua. En las pruebas de compresión, los adobes con un 1.5% de fibra alcanzaron la mayor resistencia promedio, registrando 22.00 kg/cm², superando el valor estándar de referencia. En conclusión, la incorporación de estos aditivos contribuye significativamente a optimizar la resistencia de los adobes producidos en Caraz.

Acosta (2022), en su investigación realizada en Cajamarca, evaluó el efecto de incorporar cenizas provenientes de cáscaras de café y plátano en las propiedades

físico-mecánicas de muros de adobe. El enfoque metodológico fue de tipo aplicado con un diseño experimental y nivel explicativo. La población totalizó 500 bloques de adobe, mientras que la muestra quedó constituida por 432 unidades. Las pruebas de absorción revelaron que ni las muestras patrón ni las aditivadas presentaron resistencia suficiente al agua. Sin embargo, se registró un aumento en la resistencia a la compresión simple, pasando de 13.90 kg/cm² en la muestra patrón a 15.14 kg/cm² con un 1% de adición, 16.13 kg/cm² con 2% y descendiendo a 11.86 kg/cm² con 3.5%. En la compresión diagonal, la resistencia se incrementó de 0.70 kg/cm² en la muestra estándar a 0.76 kg/cm² (1% de adición) y 0.80 kg/cm² (2% de adición), disminuyendo nuevamente con un 3.5%. Para la compresión axial en pila, los valores pasaron de 8.88 kg/cm² en la muestra patrón a 9.12 kg/cm² y 9.27 kg/cm² con 1% y 2% respectivamente, descendiendo a 8.18 kg/cm² con el 3.5%. En conclusión, se determinó que las adiciones de 1% y 2% de ceniza optimizan las características físicas y mecánicas del adobe, mientras que dosis superiores pueden comprometer su resistencia.

Daga (2022), también en Cajamarca, centró su investigación en analizar la resistencia a la compresión de elementos de albañilería elaborados con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Se incluyó 100 ladrillos, de los cuales 25 fueron unidades patrón y 75 se fabricaron con adiciones de 3%, 5% y 7% de CBCA. Los ensayos de compresión demostraron que la unidad sin adición de CBCA presentó la mayor resistencia (40.98 kg/cm²), mientras que los ladrillos con 3%, 5% y 7% de CBCA registraron 31.80 kg/cm², 21.26 kg/cm² y 18.15 kg/cm², respectivamente. Asimismo, en las pruebas de absorción, la muestra con 7% de CBCA presentó mayores valores que el resto. Respecto al alabeo, ningún espécimen superó los límites establecidos por la Norma E.070. Como conclusión, se indicó que el uso de CBCA en estos porcentajes no genera mejoras significativas en las propiedades físicas ni mecánicas respecto al ladrillo patrón.

Javiliano (2023) analizó la estabilidad del adobe mediante la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto, orientado a su aplicación en viviendas rurales de Piscobamba. El estudio se desarrolló con un enfoque aplicativo, utilizando una muestra conformada por 30 unidades de adobe. Los resultados evidenciaron que, al aumentar el porcentaje de ceniza, la resistencia a la compresión se incrementó en comparación con el adobe patrón. En particular, los tratamientos T4 (5%) y T5 (7.5%) alcanzaron valores de 30.50 kg/cm² y 30.28 kg/cm² respectivamente, seguidos de T6 (10%) y T3 (2.5%), cuyas resistencias fueron estadísticamente similares. Por otro lado, los tratamientos T2 (1.5%) y T1 (sin aditivo)

presentaron los menores niveles de resistencia. Se concluyó que el adobe con 5% de ceniza de hoja de eucalipto obtuvo el mejor rendimiento mecánico.

Gutiérrez et al. (2024) en su estudio cuantitativo y diseño comparativo realizaron una exploración en la provincia de Yauyos, para evaluar el comportamiento físico y mecánico de adobes reforzados con cáscara de arroz, cal y fibras de neem, para promover soluciones sostenibles de vivienda en zonas andinas. Utilizaron como instrumentos ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión, absorción de agua y estabilidad ante erosión. La muestra estuvo compuesta por diferentes formulaciones de adobes, elaboradas artesanalmente con proporciones variables de los materiales. Como hallazgo, se observó que la resistencia a la compresión aumentó de 1.72 MPa (en adobes convencionales) a 2.69 MPa en los adobes con 2% de fibras de neem, 5% de cal y 10% de cáscara de arroz. Se concluye que la incorporación de residuos agroindustriales como la cáscara de arroz y fibras naturales mejora notablemente el desempeño estructural y la durabilidad de los adobes.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Adobe

2.2.1.1 Definición

Según la Norma E 0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada (2017) se define como un bloque compacto elaborado con tierra sin pasar por un proceso de cocción. Puede incorporar paja u otras sustancias que ayuden a refinar su resistencia respecto a variables externas.

Asimismo, Rocco et al. (2024) mencionan que se trata de un ladrillo ecológico no cocido que aprovecha los recursos del entorno, como el barro y fibras vegetales, permitiendo levantar muros resistentes y con buena capacidad térmica. Es una técnica ancestral usada desde tiempos prehispánicos.

Por su parte, Polidori et al. (2025) lo definen como una alternativa sostenible frente a materiales industriales, ya que no requiere hornos ni gran energía para su fabricación. Ofrece aislamiento térmico natural y es ideal para edificaciones rústicas o bioconstrucciones.

2.2.1.2 Historia y evolución del adobe como material de construcción

Se reconoce al adobe como uno de los recursos de edificación más ancestrales del

mundo, utilizado desde hace más de 9,000 años por civilizaciones como la mesopotámica, egipcia y andina. Su fabricación, a base de tierra, agua y fibras vegetales, respondía a la necesidad de construir viviendas resistentes con recursos locales y técnicas accesibles (Mauricio et al., 2021).

Con el tiempo, el uso del adobe se expandió y fue perfeccionándose; se mejoraron las proporciones de mezcla, los tiempos de secado y la forma de los bloques para mayor resistencia. En la actualidad, ha resurgido como opción sostenible gracias a su bajo impacto ambiental, eficiencia térmica y bajo costo, especialmente en zonas rurales o con climas cálidos (Rizo et al. 2022).

2.2.1.3 Usos del adobe en viviendas rurales

El adobe se emplea comúnmente en viviendas rurales como material principal para los muros portantes, brindando un buen aislamiento tanto térmico como sonoro. Gracias a su bajo costo y disponibilidad local, permite que las comunidades construyan y conserven sus propias casas, utilizando recursos del entorno. Asimismo, suele reforzarse con fibras naturales o mediante métodos tradicionales como la quincha o la pirca, adaptándose al clima de la región (Peña et al. 2022).

El uso del adobe en zonas rurales también promueve la participación comunitaria y el fortalecimiento de conocimientos ancestrales, ya que su fabricación y construcción suelen realizarse en faenas colectivas. Este tipo de edificación favorece la identidad cultural y permite adaptar las técnicas constructivas a las necesidades particulares de cada familia, incorporando elementos decorativos o funcionales propios de la región (Cárdenas et al. 2021).

2.2.1.4 Ventajas y limitaciones del adobe tradicional

Ventajas

- **Bajo impacto ambiental y baja energía incorporada**: Se elabora con tierra local, sin cocción, lo que reduce significativamente las emisiones de carbono (Becerra, 2025).
- **Recurso económico y de fácil producción local:** materiales abundantes, baratos y técnicas accesibles que promueven la autoconstrucción (Mora et al. 2025).
- **Excelente aislamiento térmico y acústico:** las paredes gruesas regulan la temperatura interior y amortiguan el sonido (Mora et al. 2025).

Limitaciones

- **Restricción por zona sísmica:** en áreas clasificadas con alta actividad sísmica (zonas 3 y 4), solo se permite construir viviendas de adobe reforzado de un solo nivel. En cambio, en zonas con menor riesgo sísmico (zonas 1 y 2), se autoriza la edificación de hasta dos pisos, siempre que se cumplan los criterios técnicos establecidos (Norma E 0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada, 2017).
- **Alta susceptibilidad al agua y la humedad:** sin protección adecuada, absorbe humedad y puede perder resistencia o deteriorarse (Cocco et al. 2022)
- **Vulnerabilidad sísmica:** es débil frente a fuerzas de tensión y cizallamiento, lo que genera riesgo en zonas sísmicas si no se refuerza debidamente (Cocco et al. 2022).

2.2.1.5 Ensayo de Análisis y Control en el laboratorio.

2.2.1.5.1 Ensayo de Análisis y Control para selección de Suelo

Ensayos preliminares para obtención de muestra de suelo

- **Contenido de humedad**

  Es la medición de la cantidad de agua presente en el suelo, expresada generalmente como porcentaje respecto al peso seco. Permite determinar la influencia de la humedad en las propiedades físicas y mecánicas del suelo y ajustar la dosificación de agua en la elaboración de adobes. Conocer el contenido de humedad también es crucial para evitar que el adobe presente deformaciones o fisuras durante el secado, asegurando una adecuada compactación y resistencia del material final.

- **Límites de Atterberg**

  Conjunto de ensayos que determinan los estados de consistencia del suelo y su capacidad de deformación frente al agua. Incluye:

  - **Límite Líquido (LL)**

    Es el contenido de agua a partir del cual el suelo pasa del estado plástico al estado líquido, reflejando su facilidad de deformación.
  - **Límite Plástico (LP)**

    Es el contenido de agua mínimo en el cual el suelo puede moldearse sin romperse, indicando su ductilidad.
  - **Índice de Plasticidad (IP)**

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, y representa la plasticidad del suelo, es decir, su capacidad para deformarse sin fracturarse.

Estos parámetros permiten clasificar la estabilidad del suelo y su comportamiento frente al agua, información fundamental para diseñar mezclas de adobe con buena cohesión, evitando que se quiebre o pierda resistencia durante la manipulación y el secado.

- **Análisis granulométrico**

  Es la separación y cuantificación de las partículas del suelo según su tamaño (arena, limo y arcilla) mediante tamices o métodos sedimentológicos, permitiendo conocer la textura y la composición del suelo. Este análisis es esencial para determinar la proporción de componentes que garantizan una mezcla adecuada para el adobe, ya que un balance correcto entre partículas gruesas y finas mejora la compactación, reduce la contracción y aumenta la resistencia mecánica del material.

- **Clasificación de suelos**

  Es la categorización del suelo basada en su granulometría y límites de Atterberg, según normas técnicas. Permite determinar el tipo de suelo y su idoneidad para la fabricación de adobes o estructuras de tierra. Esta clasificación es clave para seleccionar suelos adecuados, anticipar comportamientos durante la elaboración y secado del adobe, y establecer criterios de mezcla que optimicen la resistencia y durabilidad de las unidades constructivas.

2.2.2 Propiedades físicas y mecánicas del adobe

2.2.2.1 Propiedades físicas del adobe

- **Absorción de agua (NTP 399.613 / 2017 y la Norma E.070)**

  Implica la capacidad del adobe para captar humedad cuando se sumerge o se expone al agua (Liu & Wang, 2024).

$$Abs.\% = \left(\frac{W_{humedo} - W_{\sec o}}{W_{\sec o}} \right) x100$$

Donde:

W húmedo: peso del adobe después de absorber agua

W seco: peso del adobe seco

- **Succión (NTP-399.613)**

  Es la proporción de agua que el adobe retiene, en 1 min +/- 1s, tiempo establecido por la norma (Ngaram, 2020).

$$Succion\% = \left(\frac{Wh - Ws}{A}\right) x200$$

  Donde:

  Wh: Cantidad en peso seco de la muestra (g)

  Ws: Cantidad en peso seco de la muestra (g)

  A: Área de unión de la unidad con el agua(cm^2)

- **Resistencia a la erosión (Normativa UNE 41410:2023)**

  Es un ensayo que permite evaluar la capacidad del adobe para resistir la acción del agua y el viento, simulando las condiciones de erosión a las que podría estar expuesto en el entorno de construcción. Consiste en exponer las unidades de adobe a un flujo de agua controlado durante un tiempo determinado y posteriormente medir el daño producido, como la pérdida de masa, volumen o formación de oquedades.

  Este análisis es fundamental para determinar la durabilidad del adobe en condiciones de humedad o lluvia, identificando cuáles mezclas de suelo, paja y aditivos (como la ceniza de tallo de maíz) ofrecen mayor estabilidad. La información obtenida permite mejorar la formulación de los adobes y garantizar que las unidades constructivas mantengan su forma y resistencia, evitando el deterioro prematuro en las viviendas rurales.

- **Durabilidad**

  Se refiere al comportamiento del adobe sujeto a fenómenos climáticos humedad, lluvia, erosión o ciclos térmicos. Una buena durabilidad implica que el material conserva sus propiedades físicas y mecánicas a lo largo del tiempo, incluso en entornos adversos (Calvillo et al., 2024).

2.2.2.2 Propiedades mecánicas del adobe

- **Resistencia a la compresión (Norma E.080:2017, NTP-399.613:2017)**

  Corresponde a la aptitud del adobe para tolerar fuerzas de forma axial antes de

fracturarse. La Norma E.080 recomienda mínimo 10.2 Kg/cm² (1.0 MPa) para adobe estabilizado (Norma E 0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada, 2017).

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

f´c: resistencia a compresión (Kg/cm^2 o MPa)

P: carga máxima aplicada (Kg o N)

A: área de la sección transversal (cm^2 o m^2)

- **Resistencia a la flexión (NTP-399.613, 2017)**

Hace referencia a la propiedad del adobe de oponerse a fuerzas de flexión (tracción en un lado y compresión en el otro). Una mayor resistencia a la flexión mejora su desempeño estructural, especialmente en muros sometidos a cargas laterales o sismo (Kasie & Mogne, 2025).

$$S = 3W\left(\frac{l}{2} - x\right)/bd^2$$

Donde:

S: resistencia a la flexión de espécimen (kg/cm^2 o MPa)

W: carga máxima aplicada (N)

L: Distancia entre apoyos (mm)

x: Distancia promedio desde el centro del espécimen hasta el plano de falla (mm)

b: Ancho promedio del espécimen en el plano de falla (mm)

d: Espesor promedio del espécimen en el plano de falla (mm)

2.2.3 Aditivos en la mejora del adobe estabilizados

2.2.3.1 Uso de residuos agroindustriales en materiales de construcción

En los últimos años, la incorporación de residuos agroindustriales como aditivos en la elaboración de adobe ha ganado importancia, al constituir una alternativa sostenible que contribuye al mejoramiento de sus parámetros físicos y mecánicos. Subproductos como

la paja de trigo, cáscara de arroz, bagazo de caña y fibras vegetales son incorporados a la mezcla del adobe para aumentar su resistencia, reducir la fisuración y mejorar su conducta térmica. Esta práctica promueve una economía circular al valorizar desechos que antes eran subutilizados o eliminados sin control (Ouedraogo et al. 2024).

Además de los beneficios estructurales, estos residuos mejoran la eficiencia energética de las viviendas construidas con adobe, ya que disminuyen la conductividad térmica y regulan la humedad interior. También contribuyen a una construcción más ecológica, al reducir la huella de carbono y la demanda de materiales vírgenes. Su aplicación ha sido respaldada por diversas investigaciones que evidencian el impacto positivo en la durabilidad y desempeño del adobe tradicional, sin alterar su bajo costo ni su carácter accesible para comunidades rurales (Alioui et al., 2024).

2.2.3.2 Tipos de aditivos orgánicos e inorgánicos aplicados al adobe

Son los diferentes materiales que pueden incorporarse al adobe tradicional destinado a elevar sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas (Robles, 2022). Estos aditivos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Tabla 1 *Tipos de aditivos aplicados al adobe*

Aditivos orgánicos	Aditivos inorgánicos
Mucílago de nopal	Cal y puzolanas
Bagazo de caña	cenizas volcánicas
Paja de trigo	Yeso y cemento
Cáscara de arroz	puzolanas

Fuente: Robles (2022)

2.2.3.3 Influencia de los aditivos en las propiedades físicas y mecánicas

Los aditivos, tanto orgánicos como inorgánicos, influyen significativamente en las propiedades físicas del adobe. Por ejemplo, al incorporar fibras vegetales como paja o cáscara de arroz, se reduce la densidad del material y se mejora su capacidad de aislamiento térmico. Además, estos aditivos regulan la humedad interna, disminuyendo la posibilidad de agrietamientos durante el secado. Algunos aditivos también ayudan a controlar la retracción

volumétrica del adobe, lo que mejora su estabilidad dimensional. En conjunto, estas mejoras permiten construir viviendas más frescas, confortables y duraderas. (Quispe & Reynoso, 2024).

En cuanto a las propiedades mecánicas, los aditivos pueden aumentar la resistencia a la compresión y flexión del adobe. La cal, el cemento y otros minerales estabilizantes refuerzan la cohesión entre partículas, reduciendo la fragilidad del bloque. También incrementan la adherencia entre las capas de adobe, lo que mejora el comportamiento estructural ante cargas. Por otro lado, las fibras naturales actúan como refuerzos internos que evitan la propagación de grietas, aumentando la tenacidad del material (Farro & Rojas, 2024).

2.2.4 Ceniza de tallo de maíz

2.2.4.1 Características químicas y físicas de la ceniza de maíz

La ceniza de maíz es un residuo agroindustrial que se obtiene tras la combustión de mazorcas o tallos de maíz, y posee características físicas y químicas que la hacen útil como aditivo en insumos empleados en la construcción, tales como el adobe (Ouedraogo et al. 2024).

Tabla 2 *Características de la ceniza de maíz*

Características físicas	Características químicas
Color gris claro a oscuro	Calcio (CaO)
Textura fina y porosa	potasio (K_2O)
Material liviano	magnesio (MgO)
Buena dispersión en mezclas	sílice (SiO_2)

Fuente: Ouedraogo et al. (2024) y Torre et al. (2024)

2.2.4.2 Estudios previos sobre la incorporación de cenizas vegetales en materiales de construcción

Existen diversos estudios que evidencian la incorporación de cenizas vegetales en materiales de construcción. Stel'makh et al. (2024) demostraron que la sustitución de hasta un 16% del cemento por ceniza vegetal, específicamente ceniza de mazorca de maíz (corn

cob ash, CCA), mejora significativamente propiedades como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la absorción de agua. El efecto más favorable se obtuvo con un 8–10% de CCA, logrando un incremento notable en la resistencia mecánica y una minimización en la porosidad del concreto.

Por su parte, Arif et al. (2023) evaluaron el uso combinado de CCA y bauxita para desarrollar un mortero geopolimérico sostenible. Encontraron que la mezcla con 20% de CCA y 80% de bauxita presentó la mayor resistencia a compresión, superando en un 62% al mortero tradicional de cemento Portland tras 28 días de curado. Esto resalta el potencial de la CCA como material cementante alternativo en tecnologías de construcción.

2.2.4.3 Potencial de la ceniza de maíz como aditivo para adobe

La ceniza de maíz, producto de la combustión controlada de mazorcas, posee un alto contenido de sílice y otros óxidos minerales, lo que le otorga características puzolánicas que pueden fortalecer la mezcla de adobe. Al incorporarse como aditivo, esta ceniza mejora la cohesión entre las partículas del suelo, reduce la absorción de agua y contribuye a una mejor estabilidad dimensional, especialmente en climas húmedos o expuestos a lluvias (Bheel et al., 2024).

Además, al ser un material ligero y de textura fina, favorece la trabajabilidad de la mezcla y disminuye la formación de grietas durante el secado. Su uso también permite reutilizar residuos agroindustriales de forma sostenible, reduciendo costos y el impacto ambiental. Por ello, la ceniza de maíz plantea una solución ambientalmente responsable para mejorar la durabilidad y desenvolvimiento físico del adobe en la construcción rural y sostenible (Chacaltana & Quiroz, 2021).

2.2.5 Normativas y estándares técnicos aplicables

2.2.5.1 Normas nacionales e internacionales sobre construcción con adobe

2.2.5.1.1. Normas nacionales

- **Norma Técnica E.080 – Diseño y construcción con tierra reforzada**

  Forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones y establece los lineamientos técnicos para la construcción con adobe, tapial y bloques de tierra compactada. Regula aspectos relacionados con las propiedades del suelo, tales como la humedad, granulometría y plasticidad, así como las dimensiones mínimas de muros

y elementos estructurales.

Asimismo, define los ensayos mecánicos necesarios para evaluar el comportamiento del material y establece criterios para el diseño estructural. En relación con la seguridad sísmica, incorpora disposiciones para mejorar el desempeño de las edificaciones de tierra, incluyendo el uso de técnicas de refuerzo y confinamiento con materiales como madera o concreto. Para la presente investigación, se considera la versión vigente de la Norma Técnica E.080, garantizando su alineación con la normativa actual aplicable en el Perú.

2.2.5.1.2. Normas internacionales

- **Norma UNE 41410-2023 (ESPAÑA)**

  Norma elaborada por el Subcomité Técnico AEN/CTN 41 SC10 Edificación con tierra cruda, Tiene por objetivo definir bloques de tierra comprimida. Estas a su vez son utilizadas con fines de fachadas vistas y revestidas, muros exteriores e interiores, estructuras de carga y no portantes.

- **Norma ASTM E2392M-10 (EE.UU)**

  Publicada por la American Society for Testing and Materials (ASTM), ofrece una guía para el diseño de edificaciones con muros de tierra cruda como adobe o tapial. Establece criterios de seguridad estructural y considera cargas sísmicas y de viento. Es una referencia técnica clave en construcciones sostenibles.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Adobe

Bloque compacto elaborado con tierra sin someterla a un proceso de cocción (Norma E 0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada, 2017).

2.3.2 Cenizas

Residuo mineral incombustible que queda tras la combustión de materiales orgánicos, compuesto principalmente por óxidos metálicos y sales minerales (ASTM C618, 2019).

2.3.3 Absorción

Implica la capacidad del adobe para captar humedad cuando se sumerge o se expone al agua (Liu & Wang, 2024).

2.3.4 Succión

Es la cantidad de agua que el adobe puede retener en un tiempo de 1 min ± 1 s, de acuerdo con lo establecido por la norma correspondiente (Ngaram, 2020).

2.3.5 Resistencia a la compresión

Corresponde a la capacidad del adobe para soportar cargas aplicadas axialmente antes de alcanzar su punto de fractura (Norma E 0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada, 2017).

2.3.6 Resistencia a la flexión

Hace referencia a la propiedad del adobe de resistir esfuerzos de flexión, que generan tracción en un lado y compresión en el otro (Kasie & Mogne, 2025).

2.3.7 Durabilidad

Se refiere al comportamiento del adobe frente a agentes climáticos como humedad, lluvia, erosión o variaciones térmicas, manteniendo su integridad en el tiempo (Calvillo et al., 2024).

Capítulo III

Método de la Investigación

En este capítulo se desarrolló el procedimiento del proyecto de tesis "Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025"

3.1 Enfoque

Este estudio empleó un enfoque cuantitativo ya que buscó medir de forma objetiva y numérica el efecto de diferentes proporciones de ceniza de tallo de maíz sobre las propiedades físicas (como succión y absorción) y mecánicas (como resistencia a la compresión y flexión), así mismo la resistencia a la erosión del adobe. Esta orientación permitió controlar variables, aplicar técnicas estadísticas, y obtener resultados verificables y replicables mediante ensayos de laboratorio. El enfoque cuantitativo utiliza datos numéricos para describir, comparar y establecer relaciones entre diferentes factores de estudio, probar hipótesis y generar explicaciones objetivas mediante métodos estadísticos (Hernández et al. 2014).

3.2 Alcance

Este estudio tuvo un alcance explicativo, ya que buscó identificar, analizar y explicar la relación causal entre el uso de ceniza de tallo de maíz y el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe. El propósito principal no solo es describir o correlacionar variables, sino determinar cómo y por qué la incorporación de este aditivo vegetal influye en la mejora del material, con base en resultados obtenidos mediante ensayos experimentales. El nivel explicativo se centra en identificar las causas de los fenómenos y establecer relaciones de dependencia entre variables, permitiendo al investigador plantear modelos causales que expliquen cómo y por qué ocurre un determinado resultado (Hernández & Mendoza, 2018).

3.3 Diseño de investigación

Este estudio adoptó un diseño experimental porque se manipularon intencionalmente la variable independiente la proporción de ceniza de tallo de maíz para observar su efecto directo en las propiedades físicas y mecánicas del adobe. Al aplicar este diseño, se pudo realizar pruebas controladas, identificar variaciones en el comportamiento del material y determinar la proporción óptima del aditivo. Según Hernández et al. (2014), este diseño es aquel en el que se introducen estímulos o tratamientos deliberadamente para analizar sus consecuencias, permitiendo establecer relaciones causales con mayor precisión.

Para probar la hipótesis planteada en esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) que tiene la siguiente ecuación estadística y arreglo correspondiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde: i= 1,2,3 n... 5. tratamientos (0%-2.5%-5.0%-7.5%-10%)

j= 1, 2, 3. n.....repeticiones

Yij = variable respuesta que será medida por el valor de las propiedades físicas y mecánicas

μ = la media común a todos los datos del experimento.

Ti= Efecto del porcentaje de dosificación de ceniza de tallo de maíz

Eij= = Error aleatorio

Tabla 3 *Diagrama del diseño completamente al azar*

		Dosificación (%)				
		0%	**2.5%**	**5.0%**	**7.5%**	**10%**
Repeticiones	**1**	$Y_{1,1}$	$Y_{2,1}$	$Y_{3,1}$	$Y_{4,1}$	$Y_{5,1}$
	2	$Y_{1,2}$	$Y_{2,2}$	$Y_{3,2}$	$Y_{4,2}$	$Y_{5,2}$
	3	$Y_{1,3}$	$Y_{2,3}$	$Y_{3,3}$	$Y_{4,3}$	$Y_{5,3}$
	n	$Y_{1,n}$	$Y_{2,n}$	$Y_{3,n}$	$Y_{4,n}$	$Y_{5,n}$

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Población y muestra

Estuvo integrado por las unidades de adobe. De acuerdo con Hernández et al. (2014), la población se define como el conjunto total de personas, eventos o elementos que comparten

determinadas características y sobre los cuales se desea realizar inferencias dentro de una exploración.

La muestra estuvo constituida por 195 unidades de adobe, de dimensiones 25x13x10cm y 10x10x10cm. La muestra es un subconjunto representativo de la población, seleccionado con el fin de obtener datos que puedan generalizarse al total de casos estudiados(Hernández et al., 2014). En la siguiente tabla se detalla la cantidad de las muestras de adobes.

Tabla 4 *Distribución de la muestra de unidades de adobe según tipo de ensayo*

ENSAYOS	A los días	SUB TOTAL	TOTAL
Absorción (25x13x10cm)	30	15	
Succión (25x13x10cm)	30	15	
Resistencia a la erosión acelerada Swinburne (SAET) (25x13x10cm)	30	15	
Resistencia a la compresión en unidades de adobe (10x10x10cm)	7	30	**195**
	14	30	
	28	30	
Resistencia a la compresión (25x13x10cm)	28	30	
Resistencia a la flexión en unidades de adobe (25x13x10cm)	28	30	
Total (und)			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 *Distribución de la muestra de unidades de adobe según dosificación y análisis.*

ENSAYOS	A los días	0%	2.50%	5.00%	7.50%	10.00%	SUB TOTAL	TOTAL
Absorción (25x13x10cm)	30	3	3	3	3	3	15	
Succión (25x13x10cm)	30	3	3	3	3	3	15	
Resistencia a la erosión acelerada Swinburne (SAET) (25x13x10cm)	30	3	3	3	3	3	15	
Resistencia a la compresión en unidades de adobe (10x10x10cm)	7	6	6	6	6	6	30	**195**
	14	6	6	6	6	6	30	
	28	6	6	6	6	6	30	
Resistencia a la compresión en unidades de adobe (25x13x10cm)	28	6	6	6	6	6	30	
Resistencia a la flexión en unidades de adobe (25x13x10cm)	28	6	6	6	6	6	30	
Total (und)		**39**	**39**	**39**	**39**	**39**		

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

La incorporación de la ceniza de tallo de maíz influye significativamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, haciéndolo más adecuado para viviendas rurales, Ayacucho, 2025.

3.5.2 Hipótesis específicas

1. Las cenizas de tallo de maíz presentan características que permiten su uso como aditivo estabilizante en el adobe, Ayacucho, 2025.
2. La ceniza de tallo de maíz mejora las propiedades físicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.
3. La ceniza de tallo de maíz mejora las propiedades mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.
4. Existe una proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas de forma favorable del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.

3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

3.6.1 Variables

Variable Independiente: Ceniza de tallo de maíz.

Variable Dependiente: Propiedades físicas y propiedades mecánicas del adobe.

3.6.2 Definición Conceptual

Variable Independiente: Ceniza de tallo de maíz.

Se entiende como el residuo vegetal resultante de la quema controlada de tallo de la planta de maíz (Zea mays), utilizado como aditivo parcial en la mezcla de adobe con el propósito de mejorar determinadas propiedades del material (Ouedraogo et al., 2024).

Variable Dependiente: Propiedades físicas y propiedades mecánicas del adobe.

Son las características que definen el comportamiento del adobe como material de construcción, incluyendo aspectos físicos como absorción, succión, y resistencia a la erosión, así como propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión (Norma E 0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada, 2017).

3.6.3 Definición Operacional

Variable Independiente: Ceniza de tallo de maíz.

Se midió a través del porcentaje de dosificación incorporado en la mezcla (0%, 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10%) y el tipo de residuo utilizado (tallo), registrados en fichas de recolección y caracterización del residuo.

Variable Dependiente: Propiedades físicas y propiedades mecánicas del adobe.

Se evaluaron mediante ensayos experimentales que permitió cuantificar la absorción, succión, resistencia a la erosión, resistencia a la compresión y flexión de los bloques elaborados, según las unidades de medida establecidas en la ficha de registro correspondiente.

3.6.4 Operacionalización de variables

Tabla 6 *Operacionalización de variables.*

Variables	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
Variable 1				
X: Ceniza de tallo de maíz	% Porcentaje de dosificación	0%, 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10% en relación al peso del adobe patrón	Kg	Ficha de recolección
	Tipo de residuo	Tallo		Ficha de caracterización del residuo
Variable 2				
	Absorción	Porcentaje de agua absorbida por inmersión del adobe	%	Ficha de registro experimental

Propiedades físicas	Succión	Cantidad de agua absorbida por acción capilar (en 1 min +/-1 seg)	g/min/200cm²	Ficha de registro experimental
	Resistencia a la erosión acelerada de Swinburne (SAET)	Pérdida de masa o volumen del adobe tras exposición a erosión por agua o viento (ensayo de erosión)	mm	Ficha de ensayo de erosión
Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Carga máxima soportada por unidad de adobe antes de fallar	kg/cm²	Ficha de ensayo de compresión
	Resistencia a la flexión	Carga máxima soportada en su cara longitudinal por unidad de adobe antes de fallar	kg/cm²	Ficha de ensayo flexión

Fuente: Elaboración Propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada fue el análisis de laboratorio, ya que permite obtener datos precisos y cuantificables sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe, tras incorporar diferentes proporciones de ceniza de tallo de maíz. Esta técnica es fundamental para evaluar objetivamente la influencia del aditivo vegetal en el comportamiento del material, así como para determinar la mejor proporción de ceniza que mejore su desempeño físico-mecánico del adobe. Según Hernández et al. (2014) el análisis de laboratorio consiste en la aplicación sistemática de procedimientos científicos en entornos controlados, que permiten recabar información fiable y verificables sobre las características físicas, químicas o mecánicas de un objeto de estudio.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos

Se empleó la ficha de análisis de laboratorio, la cual permitió registrar de forma organizada y sistemática los datos obtenidos durante los ensayos realizados a las unidades de adobe, como succión, absorción, resistencia a la erosión acelerada de Swinburne, resistencia a la compresión, flexión, entre otros. Conforme a Hernández y Mendoza (2018), la ficha de análisis de laboratorio es un instrumento estructurado que permite consignar observaciones sistemáticas y mediciones obtenidas en experimentos o pruebas específicas, facilitando su análisis posterior.

3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de información

Según la literatura estadística de Field (2018) y Montgomery (2019), en la presente investigación se aplicó un análisis estadístico descriptivo a los datos obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con el fin de organizar y resumir la información. Posteriormente, se verificó el supuesto de normalidad de los datos utilizando pruebas estadísticas adecuadas (como Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk) y, en función de ello, se seleccionó la técnica de análisis más adecuada. Cuando los datos presentaron distribución normal se empleó el análisis de varianza (ANOVA); en los casos donde no se cumplió dicho

supuesto se recurrió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Estas pruebas permitieron comparar los grupos experimentales y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas proporciones de ceniza utilizadas en la mezcla de adobe, de tal forma se garantiza la validez y confiabilidad de las inferencias estadísticas realizadas.

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

En el presente apartado se detallaron las metodologías y pruebas que se emplearon para la obtención de información esencial, la cual contribuyó al desarrollo del estudio.

3.9.1 Procedimiento de recolección de datos:

3.9.1.1 Procedimiento de recolección de suelo:

En una primera fase, se realizó una investigación con el propósito de identificar las características requeridas de los materiales necesarios para la determinación de las propiedades físicas. Este proceso se llevó a cabo en la región de Ayacucho, donde se desarrollaron las siguientes actividades:

Se tomaron dos muestras de suelo provenientes de diferentes ubicaciones, las cuales fueron seleccionadas a partir de pruebas preliminares y evaluaciones realizadas en campo.

Los resultados obtenidos permitieron efectuar una selección inicial de los materiales, la cual fue posteriormente corroborada mediante ensayos de laboratorio.

La muestra 1, ubicada en VQ88+62W, Ayacucho 05001, Perú, con coordenadas UTM 18 L 582840-8547903, correspondiente a la ciudad de Ayacucho, presentó un suelo de tonalidad mate clara y una menor presencia de piedras, tal como se aprecia en la figura correspondiente.

Figura 2 Ubicación de la muestra 1 de suelo
Fuente: Elaboración Propia

La muestra 2, ubicada en RQJ4+W36, Vía Los Libertadores, Ayacucho 05000, Perú, con coordenadas UTM 18 L 581855-8544171, correspondiente a la ciudad de Ayacucho, presentó un suelo de tonalidad mate con una ligera presencia de piedras.

Figura 3 Ubicación de la muestra 2 de suelo
Fuente: Elaboración Propia

3.9.1.2 Procedimiento de Recolección de ceniza de maíz:

Materiales:

- Machete
- Cuchillo
- Chaleco
- Guantes
- Horno artesanal

Procedimiento:

1. Se recolectó chala de maíz en la localidad de Yanama, y se amontonó.

Figura 4 Recolección de chala de maíz.
Fuente: Elaboración Propia

2. Posteriormente, se procedió al deshoje de la planta de maíz, conservándose únicamente el tallo para su posterior incineración.

Figura 5 Deshojo de la planta de maíz.
Fuente: Elaboración Propia

3. La quema se llevó a cabo en un horno artesanal, el cual fue previamente calentado con leña con la finalidad de elevar la temperatura interna para la incineración del material. Durante este proceso se controló la temperatura de combustión, la cual se mantuvo en un rango comprendido entre 400 °C y 700 °C. De acuerdo con Snellings et al. (2012), cuando la temperatura de combustión se encuentra entre 400 °C y 760 °C, se garantiza la formación de sílice en fases amorfas. Como resultado de este procedimiento, se obtuvo ceniza de tallo de maíz de tonalidad gris claro.

Figura 6 Quema del tallo de maíz en horno artesanal.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 7 Ceniza del tallo de maíz de tonalidad gris claro.
Fuente: Elaboración Propia

4. Posteriormente, se procedió al tamizado de la ceniza de tallo de maíz con la finalidad de obtener una mayor finura y favorecer su interacción con las partículas del suelo. Para ello, se recolectó únicamente la fracción de la muestra que pasó a través de la malla N.° 40.

Figura 8 Tamizado de ceniza de tallo de maíz.
Fuente: Elaboración Propia

Las características físicas y químicas de la ceniza de tallo de maíz fueron determinadas a partir de antecedentes científicos y técnicos reportados en la literatura especializada, los cuales permitieron sustentar el potencial comportamiento estabilizante del material empleado. La presente investigación se enfocó en evaluar experimentalmente la influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe, por lo que no contempló la realización de ensayos propios de caracterización química.

La tabla 7 presenta la composición química y algunas propiedades físicas de la ceniza según Alfaro (2019). Se observa que el SiO_2 es el componente predominante (72.35%),

seguido de Al_2O_3 (0.75%) y Fe_2O_3 (0.46%), lo que indica un alto contenido de elementos relevantes para aplicaciones en materiales de construcción.

Tabla 7 *Elaboración propia con base en antecedentes científicos reportados sobre las características físicas y químicas de la ceniza de tallo de maíz.*

Componente	Porcentaje (%)
Química	
SiO_2	72.35
Al_2O_3	0.75
Fe_2O_3	0.46
CaO	4.24
MgO	0.86
SO_3	2.10
KCl	7.9
Físico	
Peso especifico	1.46
Contenido de humedad	0.42
Color	Gris claro

Fuente:Alfaro (2019)

3.9.2 Ensayos Preliminares:

3.9.2.1 Prueba de color.

La prueba de color se realizó con la finalidad de identificar de manera preliminar la naturaleza del suelo. Se consideró que los suelos de color negro suelen corresponder a materiales orgánicos, mientras que los suelos de tonalidades claras y brillantes tienden a ser de carácter inorgánico. Asimismo, los suelos de tonalidad grisácea pueden indicar la presencia de limo con carbonato de calcio o suelos con baja cohesión.

- Plástico
- Pala

Figura 9 Prueba de color.
Fuente: Propia

Procedimiento: Para la realización de esta prueba, se observaron los colores de cada una de las muestras, determinándose que la muestra 1 presentó una mayor similitud con un suelo tipo apto, lo cual indicó que se trató de un suelo de carácter inorgánico.

Tabla 8 *Prueba de color*

PRUEBA DE COLOR				
Tipo	**Indicadores**		**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo apto al suelo inorgánico	Suelo inorgánico	Los colores claros y brillantes	SI	NO
	Suelo orgánico	Colores oscuros (negros, marrones y verdes)	NO	NO
	Suelo poco cohesivo	Los colores grises de suelos limosos con carbonato de calcio	NO	SI
	RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.2 Prueba Dental:

Mediante esta prueba fue posible identificar la presencia de partículas de arena y limo no cohesionadas, a partir del sonido producido al frotar el material entre los dientes. Para ello, se tomó una pequeña muestra del suelo y se comprimió suavemente entre los dientes. Cuando no se produjo ningún sonido áspero, el suelo se consideró de tipo arcilloso; si se percibió un ligero rechinido, se clasificó como suelo limoso; y, cuando se evidenció un rechinido más intenso y desagradable, se identificó como suelo arenoso (Sara Chutas & Champi Chávez, 2016).

- Plástico
- Pala

Figura 10 Prueba dental.
Fuente: Propia

Procedimiento:

Para la realización de esta prueba, se procedió a separar manualmente un puñado de cada muestra, el cual fue posteriormente evaluado mediante la prueba dental. De este modo, se determinó que la muestra 1 presentó características correspondientes a un suelo apto.

Tabla 9 *Prueba dental*

PRUEBA DENTAL				
Tipo	**Indicadores**		**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo apto al suelo arenoso	Limosos	Rechinan ligeramente, más suaves en en comparación los arenosos	NO	SI
	Arenoso	Rechinan entre los dientes, sensación desagradable, rechinan en los dientes.	SI	NO
RESULTADO			APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.3 Prueba olfativa:

La prueba olfativa se realizó con la finalidad de evaluar el olor del suelo como un indicador preliminar de su composición. Cuando el suelo presentó un olor rancio, se consideró probable su carácter orgánico, por lo que no se recomendó su uso para la construcción de elementos.

- Plástico

Figura 11 Prueba olfativa.
Fuente: Propia

Procedimiento:

Para realizar esta prueba, se procedió a separar un puñado de cada muestra con la mano y posteriormente se evaluó su olor, registrando los datos correspondientes. De esta manera, se determinó que la muestra 1 es apta.

Tabla 10 *Prueba olfativa*

PRUEBA DE OLOR				
Tipo	**Indicadores**		**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramo suelo apto al suelo sin olor rancio	Suelos orgánicos	Olor rancio u olor a moho	NO	SI
RESULTADO			APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.4 Prueba de brillo:

Se procedió a evaluar el brillo del suelo mediante inspección visual. Si el suelo presentaba un olor rancio, se consideró que probablemente era de origen orgánico y no se recomendó para la construcción de elementos.

- Plástico
- Recipiente
- Agua
- Cuchillo

Figura 12 Prueba de brillo.
Fuente: Propia

Procedimiento:

Para realizar esta prueba, se tomó un puñado de tierra de cada muestra y se mezcló con una cantidad de agua, amasándose hasta obtener una masa con forma circular del tamaño de la mano. Posteriormente, se realizó un corte con un cuchillo y se observó si el corte presentaba brillo. Si se evidenciaba brillo, se consideró que el suelo correspondía a un tipo arcilloso, con contenido de limo y arena.

Tabla 11 *Prueba de brillo*

PRUEBA DEL BRILLO				
Tipo	**Indicadores**		**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo apto al suelo opaco y brillante	Suelos arenosos	(opacos)	SI	NO
	Suelos limosos	(con poca arcilla)	NO	SI
	Suelos brillantes	(arcillosos)	SI	NO
RESULTADO			APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.5 Prueba de rollo o elasticidad:

Se formó un cilindro de suelo hidratado con dimensiones de 5 a 10 cm de longitud y 0.15 cm de diámetro, el cual se pasó entre los dedos índice y pulgar. Posteriormente, se suspendió en el aire y se midió la longitud de las partes que se rompieron. Para determinar la plasticidad de la muestra de suelo a seleccionarse y que material predomina se realizó lo siguiente:

Materiales:

- Plástico
- Recipiente
- Agua

- Regla

Figura 13 Prueba de rollo o elasticidad.
Fuente: Propia

Procedimiento:

Para realizar esta prueba, se tomó un puñado de tierra de cada muestra y se pesó, asegurándose de que todas las muestras tuvieran cantidades iguales. Se añadió agua para formar una mezcla, la cual se amasó en forma de cintillas de hasta 20 cm de longitud. Cada cintilla se sostuvo con la mano de manera que cayera hacia el suelo, esperando que se rompiera por efecto de la gravedad. Posteriormente, se midió cada cintilla rota y se registró en la ficha de recolección de datos. Se observó que la cintilla de la muestra 1 tuvo una longitud de 6 cm.

Tabla 12 *Prueba de rollo o elasticidad*

PRUEBA DE ROLLO O ELASTICIDAD			
Tipo	**Indicadores**	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo apto al suelo que tiene el rollo que se rompe al alcanzar una longitud entre 5 a 15cm.	5cm- enrollado	NO	SI
	5 a 15 cm - enrollado	SI	NO
	Más de 15cm - enrollado	NO	NO
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.6 Prueba de resistencia seca, o disco o de la bolita:

Se elaboraron cinco discos de tierra húmeda con 5 cm de diámetro y 2 cm de espesor, los cuales se dejaron reposar por 48 horas antes de proceder a romperlos. Si el disco se aplastaba fácilmente, se consideró que el suelo tenía baja resistencia; si el disco se aplastaba con dificultad, se determinó que el suelo presentaba resistencia media o alta.

Materiales:

- Plástico
- Recipiente
- Agua

Figura 14 Prueba de resistencia seca.
Fuente: Propia

Procedimiento:

Para realizar esta prueba, se tomó un puñado de tierra de cada muestra y se agregó agua gradualmente hasta alcanzar la consistencia deseada. La mezcla se amasó en forma de discos y se dejó secar por 48 horas; posteriormente, se procedió a romperlos. En esta prueba, la muestra 1 presentó dificultad para ser aplastada.

Tabla 13 *Prueba de resistencia seca, o disco o de la bolita*

PRUEBA DE RESISTENCIA SECA O DE LA BOLITA			
Tipo	**Indicadores**	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo con resistencia media o o alta al suelo que se se aplasta con dificultad	Se aplasta con dificultad	SI	NO
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.7 Prueba de sedimentación o de la botella:

Se utilizó esta prueba para conocer las características generales de cada muestra de tierra, incluyendo la proporción de sus componentes: arena, limo y arcilla. Asimismo, se permitió observar la cantidad de materia orgánica presente en la muestra de suelo.

Materiales:

- Plástico
- Botella
- Agua

Figura 15 Prueba de sedimentación.
Fuente: Propia

Procedimiento:

Para realizar esta prueba, se pesaron cantidades iguales de cada muestra y se vertieron en sus respectivas botellas. Se añadió la misma cantidad de agua a cada botella, se agitó la mezcla y se dejó reposar por 24 horas.

Tabla 14 *Prueba de sedimentación o de la botella*

PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN O DE LA BOTELLA			
Tipo	**Indicadores**	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo apto al suelo que cumpla con lo indicado en la norma	Categoría (Arena 55-70%, arcilla 10-20% y limo 15-25%)	SI	NO
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2.8 Adobe de pruebas:

Se elaboró adobe de prueba antes de producir los adobes que serían sometidos a los ensayos, con el fin de determinar si el suelo funcionaba de manera adecuada y establecer la cantidad necesaria de los materiales: tierra, paja, ceniza y agua.

Materiales:

- Plástico

- Molde
- Balanza
- Agua
- Tierra

Procedimiento:

Se elaboró un adobe con cada muestra antes de la producción de los adobes destinados a los ensayos. Se dejó secar durante una semana y se observó si presentaban rajaduras.

Tabla 15 *Adobe de pruebas*

ADOBES DE PRUEBA			
Tipo	**Indicadores**	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Consideramos suelo apto a las muestras que no se rajen	Al secarse las muestras presentan rajaduras	NO	SI
RESULTADO		APTO	NO APTO

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera, al realizar los distintos ensayos de campo, se observó que la muestra 1 era el suelo más apto para la elaboración de los adobes.

3.9.3 Ensayos de análisis y control para unidades de Adobe:

Con base en los procedimientos que se desarrollan en este apartado, los ensayos de análisis y control para las unidades de adobe comprenden la obtención de muestras representativas y la determinación de las principales propiedades físicas e índices de consistencia del suelo. Estos ensayos incluyen el muestreo por cuarteo, la determinación del contenido de humedad, los límites de Atterberg y el análisis granulométrico, los cuales permiten caracterizar el material y verificar su aptitud para la fabricación de adobes. Asimismo, su aplicación conforme a normas técnicas vigentes garantiza la confiabilidad y validez de los resultados experimentales.

3.9.3.1 Muestreo:

Materiales:

- Brocha 4”
- Pala
- Espátula

- Costal

Procedimiento:

1. Se realizó el cuarteo para obtener una muestra representativa del suelo a ensayar.
2. Se acomodó una cierta cantidad de la muestra, extendiéndola de manera circular y homogénea con la pala.
3. La muestra expandida se dividió en cuatro partes, considerando como válidas las dos partes opuestas simétricas y rechazando las otras dos opuestas.
4. Finalmente, se unieron las dos partes seleccionadas y se pesaron en la balanza.

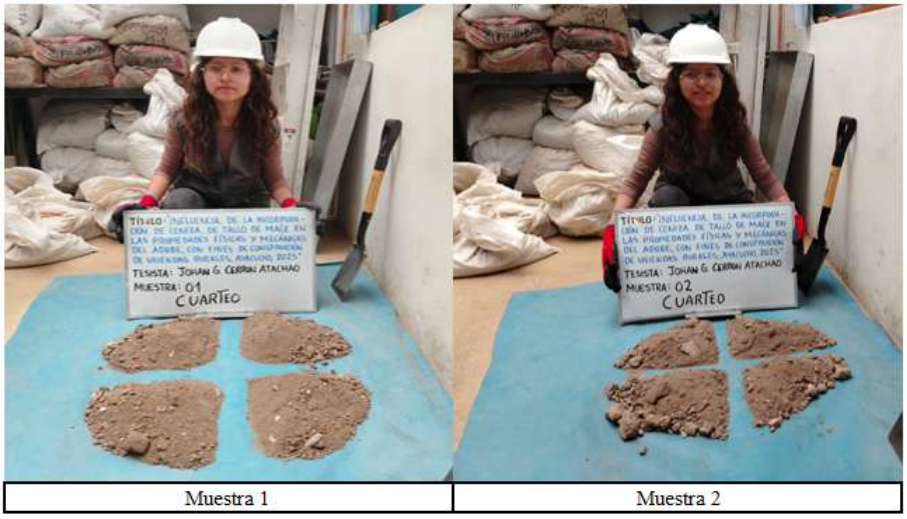


Figura 16 Cuarteo de la muestra 1 y 2 de suelo.
Fuente: Propia

3.9.3.2 Contenido de Humedad (ASTM D2216-71, NTP 330.127):

Materiales:

- Horno
- Balanza (precisión +- 0.01g)
- Bandeja

Figura 17 Balanza y bandejas.
Fuente: Propia

Procedimiento:

1. Se tomó una cantidad apropiada de suelo húmedo, seleccionada mediante cuarteo, y se colocó en la bandeja, midiendo el peso de la bandeja junto con el suelo húmedo.
2. La bandeja con el suelo húmedo se colocó en un horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas.

Figura 18 Muestra 1 y 2 de suelo colocadas dentro del horno.
Fuente: Propia

3. Transcurridas las 24 horas, se volvió a pesar la bandeja con el suelo seco.
4. Se determinó el contenido de humedad del suelo utilizando la fórmula correspondiente.

$$W(\%) = \frac{Wh - Ws}{Ws} x100$$

Donde:

Wh= Peso inicial del suelo.

Ws= Peso seco del suelo.

W(%)= Contenido de humedad del suelo.

La determinación de la humedad del suelo, fundamental para la elaboración de adobes con propiedades físicas y mecánicas óptimas, se realizó en dos muestras representativas del material utilizado. Los resultados de la tabla 16 muestran que la humedad de la primera muestra fue del 17.9%, mientras que la segunda presentó un valor ligeramente superior de 18.0%, resultando en un promedio de 18.0%. Este nivel de humedad indica que el suelo posee una cantidad adecuada de agua para su manipulación y moldeado, facilitando la cohesión de las partículas y evitando tanto la fragilidad excesiva como el colapso del adobe durante el

secado. Asimismo, estos valores sirven como referencia para ajustar la proporción de agua al incorporar la ceniza de tallo de maíz, garantizando que la mezcla mantenga la trabajabilidad y las propiedades físicas necesarias para la construcción de viviendas rurales en Ayacucho. .

Tabla 16 *Determinación de la humedad de la muestra 1*

Determinación de la Humedad		
Recipiente (N°)	74.00	81.00
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	1,277.50	1,249.61
Peso suelo seco + recipiente (g)	1,090.87	1,066.24
Peso del recipiente (g)	50.55	49.35
Peso del agua en la muestra (g)	186.63	183.38
Peso seco de la muestra (g)	1,040.33	1,016.89
Humedad (%)	17.9	18
Contenido de humedad promedio (%)	**18**	

Fuente: Elaboración Propia

Mientras que los resultados de la tabla 17 muestran que la humedad de la primera muestra fue del 6.1%, mientras que la segunda presentó un valor ligeramente superior de 6.0%, resultando en un promedio de 6.0%. Este nivel de humedad indica que el suelo posee una cantidad baja de agua para su manipulación y moldeado, el cual puede dificultar la cohesión de las partículas y aumentar tanto la fragilidad excesiva como el colapso del adobe durante el secado.

Tabla 17 *Determinación de la humedad de la muestra 2*

Determinación de la Humedad		
Recipiente (N°)	52.00	58.00
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	1,640.92	1,583.42
Peso suelo seco + recipiente (g)	1,548.13	1,494.92
Peso del recipiente (g)	21.33	23.92
Peso del agua en la muestra (g)	92.78	88.5
Peso seco de la muestra (g)	1,526.81	1,471.00
Humedad (%)	6.1	6.0
Contenido de humedad promedio (%)	**6.0**	

Fuente: Elaboración Propia

3.9.3.3 Límites de Atterberg (ASTM 423-66)

Los límites de Atterberg permiten evaluar el comportamiento del suelo en función de su contenido de humedad, determinando los rangos de consistencia y plasticidad del material. Estos parámetros son fundamentales para clasificar el suelo y analizar su aptitud para la fabricación de unidades de adobe, así como para predecir su comportamiento mecánico y volumétrico.

Materiales:

- Copa de Casagrande
- Recipiente
- Espátula
- Pipetas de agua
- Tamiz Nro 40
- Plato evaporador
- Honor regulable
- Placa de vidrio
- Balanza electrónica de sensibilidad 0.1 g

Figura 19 Materiales utilizados para la determinación de límites de Atterberg.
Fuente: Propia

3.9.3.3.1 Límite Líquido (ASTM D-4318, NTP 399,129-2014, AASHTO T-89)

Procedimiento:

1. La muestra representativa del material se hizo pasar por el tamiz N° 40.
2. La muestra tamizada se mezcló con agua hasta obtener una mezcla homogénea y trabajable.

3. Se realizó la calibración de la Copa de Casagrande, la cual se limpió y secó antes de iniciar el ensayo.
4. Se colocaron aproximadamente 50 a 65 gramos del material preparado y se pulió con la espátula para eliminar burbujas de aire, dejando la superficie paralela a la base del instrumento.
5. Con el ranurador se hizo una incisión en el centro de la masa hasta que se visualizara el fondo de la cápsula de la copa de Casagrande.
6. Se giró la manivela de la copa de Casagrande, dejando que la cazuela golpeara a razón de 2 golpes por segundo hasta que las dos mitades del suelo se unieran.
7. Este procedimiento se repitió al menos dos veces más, de manera que el número de golpes para cada prueba se mantuviera dentro del rango especificado: 25–30, 20–30 y 15–25 golpes.
8. Los recipientes con las muestras se introdujeron en el horno durante 24 horas.

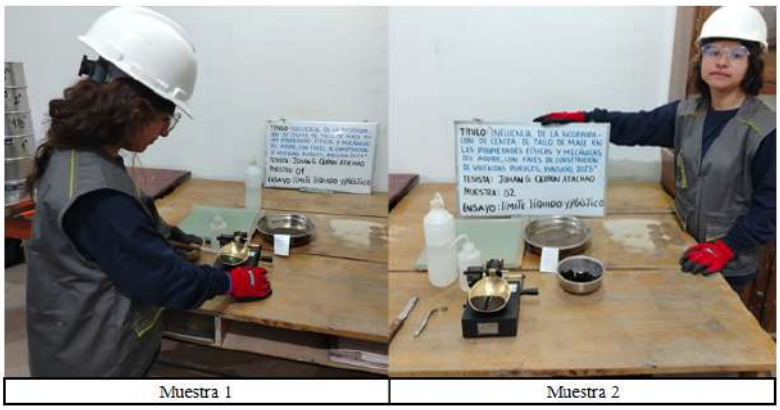


Figura 20 Muestra 1 y 2 para la determinación de límite líquido.
Fuente: Propia

La determinación del límite líquido del suelo, parámetro que indica la cantidad de agua necesaria para que el suelo pase de un estado plástico a uno líquido, se realizó en tres muestras representativas. Donde los resultados que se muestran en la tabla 18, se obtuvo los valores de humedad del 27.98%, 28.45% y 28.68%, con un límite líquido promedio de 28.40%. Esto sugiere que el suelo presenta una capacidad moderada de retención de agua, característica que influye directamente en su plasticidad y trabajabilidad para la elaboración de adobes. Un límite líquido en este rango indica que el material es cohesivo para permitir el moldeado sin desmoronarse, pero no excesivamente saturado, lo que podría generar deformaciones durante el secado. Este conocimiento es esencial para ajustar la proporción de agua en la mezcla, especialmente al incorporar ceniza de tallo de maíz, asegurando que los adobes

mantengan estabilidad, resistencia y facilidad de manipulación durante la construcción de viviendas rurales en Ayacucho.

Tabla 18 *Determinación del límite líquido de la muestra 1*

Determinación del límite líquido de la muestra 1					
Ítem	**Descripción**				
	Recipiente	Nº	36	16	40
1	Peso suelo húmedo + recipiente	g	47.92	50.81	49.53
2	Peso suelo seco + recipiente	g	42.17	44.63	43.47
3	Peso recipiente	g	21.62	22.91	22.34
4	Peso agua (1) − (2)	g	5.75	6.18	6.06
5	Peso seco (2) − (4)	g	20.55	21.72	21.13
6	Humedad	%	27.98%	28.45%	28.68%
7	Número de golpes	Nº	33	25	21
	Límite líquido (%):			**28.4%**	

Fuente: Elaboración Propia

Mientras que los resultados que se muestran en la tabla 19, se obtuvo los valores de humedad del 22.41%, 22.45% y 22.49%, con un límite líquido promedio de 22.5%. Esto sugiere que el suelo es más sensible, el suelo perderá su consistencia mucho más rápido si se humedece. Lo cual es un suelo inestable durante el secado lento.

Tabla 19 *Determinación del límite líquido de la muestra 2*

Determinación del límite líquido de la muestra 2					
Ítem	**Descripción**				
	Recipiente	Nº	48	18	66
1	Peso suelo húmedo + recipiente	g	44.82	55.94	46.63
2	Peso suelo seco + recipiente	g	40.61	49.63	42.11
3	Peso recipiente	g	21.82	21.51	22.03
4	Peso agua (1) − (2)	g	4.21	6.31	4.52
5	Peso seco (2) − (4)	g	18.79	28.12	20.8
6	Humedad	%	22.41%	22.45%	22.49%
7	Número de golpes	Nº	34	25	21
	Límite líquido (%):			**22.5%**	

Fuente: Elaboración Propia

3.9.3.3.2 Límite Plástico

Procedimiento:

1. En la primera etapa, se utilizó una porción del material restante del ensayo de límite líquido, con un promedio de 1 cm³ en forma esférica.
2. Esta porción se amasó sobre la placa de vidrio con la palma de la mano hasta adoptar una forma cilíndrica de 3 mm. Si durante este proceso la muestra presentaba pequeñas fisuras o se desmoronaba, se repitió el procedimiento hasta que la muestra no mostrara fisuras.
3. Las muestras que se desmoronaron se depositaron en recipientes hasta alcanzar un peso aproximado de 6 g. Posteriormente, se pesó el recipiente con la muestra, se introdujo en el horno durante 24 horas y finalmente se volvió a pesar para realizar los cálculos correspondientes.

Figura 21 Muestra 1 y 2 para la determinación de límite plástico.
Fuente: Propia

Tabla 20 *Determinación del límite plástico de la muestra 1*

Determinación del límite plástico de la muestra 1				
Ítem	**Descripción**			
	Recipiente	N°	28	32
1	Peso suelo húmedo + recipiente	g	22.78	23.01
2	Peso suelo seco + recipiente	g	22.48	22.77
3	Peso recipiente	g	21.34	21.86
4	Peso agua (1) − (2)	g	0.3	0.24
5	Peso seco (2) − (4)	g	1.14	0.91
6	Humedad	%	26.32%	26.37%
	Límite plástico (%):		**26.34%**	

Fuente: Elaboración Propia

La determinación del límite plástico del suelo permite conocer la humedad mínima a la cual el material aún conserva suficiente plasticidad para ser moldeado sin fracturarse. Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 20 son los valores de humedades de 26.32% y 26.37%, lo que da un límite plástico promedio de 26.34%. Este valor indica que el suelo posee una plasticidad moderada, suficiente para permitir la manipulación y el moldeado en la fabricación de adobes, pero con control sobre la deformación al secarse.

Tabla 21 *Determinación del límite plástico de la muestra 2*

Determinación del límite plástico de la muestra 2				
Ítem	**Descripción**			
	Recipiente	N°	14	31
1	Peso suelo húmedo + recipiente	g	24.16	21.92
2	Peso suelo seco + recipiente	g	23.95	21.79
3	Peso recipiente	g	22.91	21.16
4	Peso agua (1) − (2)	g	0.21	0.13
5	Peso seco (2) − (4)	g	1.04	0.63
6	Humedad	%	20.19%	20.63%
	Límite plástico (%):		**20.41%**	

Fuente: Elaboración Propia

Mientras que los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 21 son los valores de humedades de 20.19% y 20.63%, lo que da un límite plástico promedio de 20.41%. Este valor indica que el suelo no posee una plasticidad moderada, el cual no permitirá la fácil manipulación y moldeado en la fabricación de adobes, por lo tanto, no se podrá controlar la deformación al secarse.

3.9.3.3.3 Índice de plasticidad

Procedimiento:

1. El índice de plasticidad se determinó a partir de los valores obtenidos en los ensayos de límite líquido y límite plástico. Este índice expresa el rango de humedad en el cual el suelo presenta un comportamiento plástico y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- **IP:** Índice de plasticidad (%)
- **LL:** Límite líquido (%)
- **LP:** Límite plástico (%)

El valor del índice de plasticidad permitió clasificar el suelo según su grado de plasticidad y evaluar su comportamiento frente a los procesos de moldeo, secado y resistencia mecánica en la fabricación de adobes.

- Índice Plástico de la Muestra 1 (%) IP=LL-LP= 28.4%-26.3%= 2.1%
- Índice Plástico de la Muestra 1 (%) IP=LL-LP= 22.5%-20.4%= 2.1%

El suelo utilizado para la elaboración de adobes provendrá de la muestra 1, ya que el resultado en las pruebas físicas tuvo resultados favorables a comparación de la muestra 2, así como no hay diferencia en el índice plástico entre la muestra 1 y 2, por lo que el suelo utilizar presenta un límite líquido de 28.4% y un límite plástico de 26.3%, resultando en un índice de plasticidad de 2.1%. Este valor indica que el material tiene una plasticidad muy baja, lo que significa que el suelo es ligeramente plástico y casi no se deforma entre los estados plástico y líquido. En la práctica, esto sugiere que el adobe obtenido con este suelo será relativamente firme y fácil de moldear, con baja tendencia a agrietarse durante el secado, aunque requiere un manejo cuidadoso del contenido de agua para mantener la cohesión de la mezcla. Este comportamiento es particularmente relevante al incorporar ceniza de tallo de maíz, ya que permite ajustar la proporción de aditivo sin comprometer la trabajabilidad y resistencia del adobe, asegurando la durabilidad y estabilidad de las viviendas rurales en Ayacucho.

3.9.3.4 Análisis granulométrico del suelo

Materiales:

- Juego de tamices
- Brocha
- Recipientes
- Balanza (+-0.01 g)

Figura 22 Juego de tamices.
Fuente: Propia

Procedimiento:

1. Se pesó la muestra que se emplearía en el ensayo.
2. Se seleccionaron los tamices en orden decreciente, de acuerdo con el tipo de suelo.
3. La muestra se colocó dentro de las columnas de los tamices, se cerraron y se agitó vigorosamente durante aproximadamente 10 minutos.
4. Se pesó la cantidad de muestra retenida en cada tamiz utilizando la balanza.
5. Finalmente, se registraron los datos en el formato correspondiente para generar la curva granulométrica con los resultados obtenidos.

Figura 23 Determinación del análisis granulométrico del suelo.
Fuente: Propia

En la tabla 22 el análisis granulométrico del suelo utilizado para la elaboración de adobes muestra que el material tiene un peso seco inicial de 4202.8 g, del cual se perdió 2156.6 g durante el lavado, lo que refleja la cantidad de partículas finas solubles o fácilmente removibles. En cuanto a su composición, el suelo contiene un 10.8% de grava y un 37.9% de arena, mientras que los finos representan el 51.3%, indicando una presencia significativa

de limos y partículas muy pequeñas. Según las clasificaciones estandarizadas, el suelo se identifica como A-4 (0) según AASHTO y ML según SUCS, describiéndose como limo arenoso, lo que sugiere un material ligeramente cohesivo, fácil de moldear, pero con cierta capacidad de retención de agua, cierta manejabilidad para la fabricación de adobes.

Tabla 22 *Datos del análisis granulométrico*

Análisis Granulométrico		
Concepto	**Muestra 1**	**Muestra 2**
Peso seco inicial (g)	4202.8	4232.8
Peso seco lavado (g)	2046.2	2639.7
Pérdida por lavado (g)	2156.6	1593.1
Composición granulométrica		
Grava	**10.80%**	**15.40%**
Grava gruesa	3.60%	5.80%
Grava fina	7.30%	9.60%
Arena	**37.90%**	**47.00%**
Arena gruesa	5.70%	7.70%
Arena media	23.90%	20.20%
Arena fina	8.30%	19.10%
% de finos	**51.30%**	**37.60%**
Clasificación		
AASHTO	A-4 (0)	A-4 (0)
SUCS	ML	SM
Descripción	Limo arenoso	Arena limosa con grava

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 23 se observa el análisis por tamizado detallado que evidencia cómo se distribuyen las partículas de la muestra 1 según su tamaño. La mayor parte del material se encuentra en los tamices finos y muy finos, destacando que el 52.18% pasa por el tamiz Nº 140 y 51.31% pasa por el Nº 200, confirmando la alta proporción de finos observada en la tabla anterior. La arena media y gruesa está presente en cantidades moderadas, mientras que la grava y las partículas más gruesas representan una fracción menor. Este patrón granulométrico indica que el suelo tiene buena plasticidad para moldear adobes, con ligera cohesión, pero sin excesiva arena gruesa que podría comprometer la cohesión y resistencia del material.

Tabla 23 *Análisis granulométrico por tamiz de la muestra 1*

Análisis granulométrico por tamizado de la muestra 1					
TAMIZ ASTM	**Abertura (mm)**	**PESO (g) RETENIDO**	**% RETEN PARCIAL**	**% RETEN ACUMULADO**	**% QUE PASA**
3”	75.000	–	–	–	100
2”	50.000	–	–	–	100
1 1/2”	37.500	61.95	1.47	1.47	98.53
1”	25.000	87.50	2.08	3.56	96.44
3/4”	19.000	–	–	3.56	96.44
3/8”	9.500	125.47	2.99	6.54	93.46
Nº 4	4.750	179.52	4.27	10.81	89.19
Nº 10	2.000	238.77	5.68	16.49	83.51
Nº 20	0.850	593.99	14.13	30.63	69.37
Nº 40	0.425	411.94	9.80	40.43	59.57
Nº 60	0.250	246.61	5.87	46.30	53.70
Nº 140	0.106	63.85	1.52	47.82	52.18
Nº 200	0.075	36.60	0.87	48.69	51.31
Lavado	–	2,156.60	51.31	100	–
TOTAL	–	**4202.80**	**100**	–	–

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24 *Análisis granulométrico por tamiz de la muestra 2*

Análisis granulométrico por tamizado de la muestra 2					
TAMIZ ASTM	**Abertura (mm)**	**PESO (g) RETENIDO**	**% RETEN PARCIAL**	**% RETEN ACUMULADO**	**% QUE PASA**
3”	75.000	–	–	–	100
2”	50.000	–	–	–	100
1 1/2”	37.500	51.29	1.21	1.21	98.79
1”	25.000	77.42	1.83	3.04	96.96
3/4”	19.000	117.76	2.78	5.82	94.18
3/8”	9.500	151.84	3.59	9.41	90.59
Nº 4	4.750	253.61	5.99	15.40	84.60
Nº 10	2.000	324.3	7.66	23.06	76.94
Nº 20	0.850	402.17	9.50	32.56	67.44
Nº 40	0.425	453.61	10.72	43.28	56.72
Nº 60	0.250	581.72	13.74	57.02	42.98
Nº 140	0.106	136.28	3.22	60.24	39.76
Nº 200	0.075	89.66	2.12	62.36	37.64
Lavado	–	1,593.10	37.64	100	–
TOTAL	–	**4202.80**	**100**	–	–

Fuente: Elaboración Propia

Mientras en la tabla 24 se observa el análisis por tamizado detallado que evidencia cómo se distribuyen las partículas de la muestra 2 según su tamaño. La mayor parte del material se encuentra en los tamices finos y muy finos, destacando que el 39.76% pasa por el tamiz Nº 140 y 37.64% pasa por el Nº 200, confirmando la alta proporción de finos observada en la tabla anterior. La arena media y gruesa está presente en cantidades menores, mientras que la grava y las partículas más gruesas representan una fracción mayor. Este patrón granulométrico indica que el suelo no presenta buena plasticidad para moldear adobes, con poca cohesión, pero con contenido de grava podría comprometer la cohesión.

La curva granulométrica, representando el porcentaje acumulado que pasa por cada tamiz, muestra una distribución escalonada, con un incremento notable en los tamices finos, lo que confirma que el suelo tiene una alta proporción de partículas finas. La forma de la curva indica que el material es relativamente uniforme, con predominio de partículas finas y medianas, lo que favorece la trabajabilidad y compactación de los adobes, asegurando que la mezcla pueda integrar adecuadamente la ceniza de tallo de maíz sin perder cohesión ni estabilidad durante el secado.

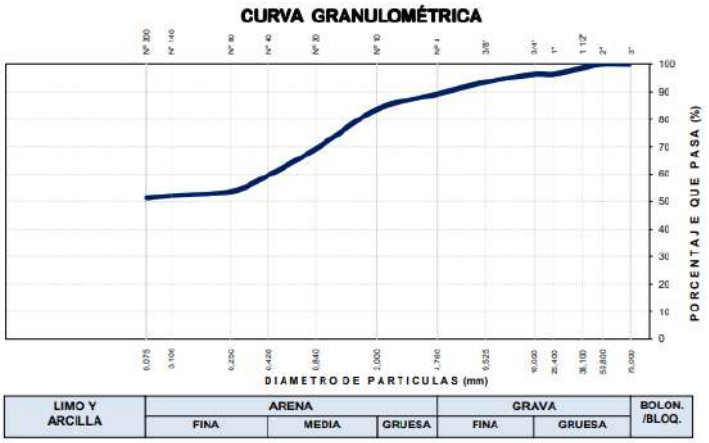


Figura 24 Curva granulométrica de la muestra 1.
Fuente: Laboratorio Casagrande

3.9.4 Elaboración de las unidades de adobes

Para el desarrollo de la investigación se elaboraron unidades de adobe de dimensiones 10×10×10cm y 25×13×10cm. La utilización de ambas dimensiones respondió a requerimientos experimentales específicos asociados a los distintos ensayos realizados. Las unidades cúbicas de 10×10×10cm permitieron una adecuada adaptación a los equipos de laboratorio empleados para los ensayos mecánicos, mientras que las unidades de

25×13×10cm representaron dimensiones más cercanas a las utilizadas en la práctica constructiva. En ambos casos se mantuvieron constantes la composición de la mezcla, el procedimiento de elaboración y las dosificaciones evaluadas, garantizando la comparabilidad de los resultados obtenidos.

Materiales:

- Molde de adobe
- Pala
- Ceniza de tallo de maíz
- Paja

Procedimiento:

1. Se siguieron los pasos descritos en el Manual de construcción: Edificaciones de adobe (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017). A continuación, se detalla el procedimiento de manera organizada:
2. Como primer paso, se calculó la dosificación de los materiales que integran el adobe según el porcentaje de ceniza de tallo de maíz (0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%) y el peso seco del adobe patrón.

Tabla 25 *Dosificación de unidades de adobe de 25x13x10cm.*

Unidad de adobe de 25x13x10cm										
Tipos de dosificaciones	Unidad						Total			
	Peso de la unidad Peso Seco	Tierra	Ceniza	Paja	Agua	Total de Unidad	Tierra	Ceniza	Paja	Agua
	gr	gr	gr	gr	ml	Und	gr	gr	gr	ml
Muestra Patrón 0%	5000	4455	0	25	520	21	93555	0	525	10920
	100.00%	89.10%	0.00%	0.50%	10.40%					
2.50%	5000	4330	125	25	520	21	90930	2625	525	10920
	100.00%	86.60%	2.50%	0.50%	10.40%					
5.00%	5000	4205	250	25	520	21	88305	5250	525	10920
	100.00%	84.10%	5.00%	0.50%	10.40%					
7.50%	5000	4080	375	25	520	21	85680	7875	525	10920
	100.00%	81.60%	7.50%	0.50%	10.40%					
10.00%	5000	3955	500	25	520	21	83055	10500	525	10920
	100.00%	79.10%	10.00%	0.50%	10.40%					
TOTAL						105	441525	26250	2625	54600
							441.53	26.25	2.63	54.6
							Kg	Kg	Kg	Lt

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26 *Dosificación de unidades de adobe de 10x10x10cm.*

Unidad de adobe de 10x10x10cm										
Tipos de dosificaciones	Unidad					Total				
	Peso de la unidad Peso Seco	Tierra	Ceniza	Paja	Agua	Total de Unidad	Tierra	Ceniza	Paja	Agua
	gr	gr	gr	gr	ml	Und	gr	gr	gr	ml
Muestra Patrón 0%	1538.46	1370.77	0.00	7.69	160.00	18.00	28786.13	0.00	161.54	3360.00
	100.00%	89.10%	0.00%	0.50%	10.40%					
2.50%	1538.46	1332.31	38.46	7.69	160.00	18.00	27978.43	692.31	161.54	3360.00
	100.00%	86.60%	2.50%	0.50%	10.40%					
5.00%	1538.46	1293.84	76.92	7.69	160.00	18.00	27170.74	1384.61	161.54	3360.00
	100.00%	84.10%	5.00%	0.50%	10.40%					
7.50%	1538.46	1255.38	115.38	7.69	160.00	18.00	26363.05	2076.92	161.54	3360.00
	100.00%	81.60%	7.50%	0.50%	10.40%					
10.00%	1538.46	1216.92	153.85	7.69	160.00	18.00	25555.36	2769.23	161.54	3360.00
	100.00%	79.10%	10.00%	0.50%	10.40%					
	TOTAL					90.00	135853.71	6923.07	807.70	16800.00
							135.85	6.92	0.81	16.80
							Kg	Kg	Kg	Lt

Fuente: Elaboración Propia

3. Se preparó el área donde serían elaborados y colocados los adobes. Esta área se mantuvo libre de materias orgánicas, con una superficie plana y cubierta adecuada para un secado correcto.

Figura 25 Preparación de área para la elaboración de adobes.
Fuente: Propia

4. Se distribuyeron las cantidades de tierra correspondientes a los diferentes porcentajes de ceniza de tallo de maíz, con el fin de facilitar el trabajo y evitar la pérdida de tierra y ceniza.
5. Se cortó la paja cada 10 cm para prevenir posibles grietas, empleándose aproximadamente 3.44 kg de paja. Además, se alistó el molde, utilizando un molde de metal con dimensiones internas de 25x13x10cm y 10x10x10cm.

Figura 26 Paja para la elaboración de los adobes.
Fuente: Propia

Figura 27 Moldes para la elaboración de los adobes.
Fuente: Propia

6. Se comenzó con la formación de la masa de adobe para cada tipo de dosificación (0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%), la cual se pisó energéticamente hasta adquirir una consistencia uniforme.

Tabla 27 *Total de materiales*

Total de Unidad	Tierra	Ceniza	Paja	Agua
Und	Kg	Kg	Kg	Lt
195	577.38	33.17	3.44	71.4

Fuente: Elaboración Propia

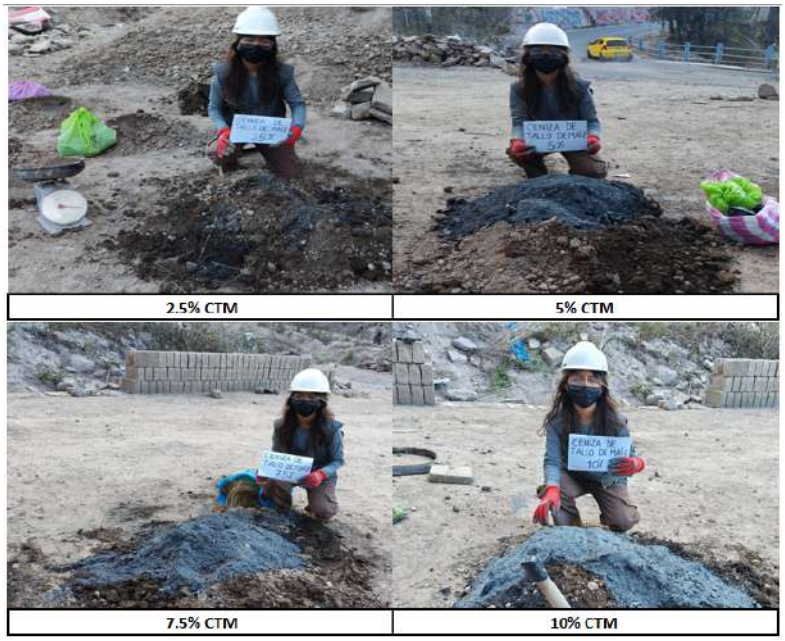


Figura 28 Formación de la masa de adobe con distintas dosificaciones.
Fuente: Propia

7. Para los adobes de dimensión 25x13x10cm, se añadió ceniza de tallo de maíz de acuerdo con la dosificación: 2.5% CTM = 2625 g, 5% CTM = 5250 g, 7.5% CTM = 7875 g, 10% CTM = 10500 g.

Figura 29 Pesado de la ceniza para la elaboración de adobes de dimensión de 25x13x10cm.
Fuente: Propia

8. Para los adobes de dimensión 10x10x10cm, se añadió ceniza según la dosificación: 2.5% CTM = 692.31 g, 5% CTM = 1384.61 g, 7.5% CTM = 2076.92 g, 10% CTM = 2769.23 g.

Figura 30 Pesado de la ceniza para la elaboración de adobes de dimensión de 10x10x10cm.
Fuente: Propia

9. Se procedió con el "dormido" de las mezclas durante aproximadamente 48 horas.

Figura 31 Dormido de la mezcla para la elaboración de adobes.
Fuente: Propia

10. Posteriormente, se elaboraron los adobes. Se humedeció el molde para evitar que el adobe se adhiriera. Se formó una bola con la mezcla y se lanzó al molde, rellenándolo hasta el borde y compactando con los puños para evitar bolsas de aire. La superficie se emparejó con una regla de metal y, finalmente, se levantó el molde con cuidado para no deformar el adobe.

Figura 32 Elaboración de adobes.
Fuente: Propia

11. Después de completar la fabricación, se obtuvieron los adobes terminados.

Figura 33 Adobes de dimensión de 25x13x10cm.
Fuente: Propia

Figura 34 Adobes de dimensión de 10x10x10cm.
Fuente: Propia

12. Se esperaron 3 días para voltearlos y, al cabo de una semana, se apilaron. Los adobes se elaboraron en un ambiente con techo para evitar la exposición directa al sol y protegerlos de la lluvia, contando con ventilación que permitió que secaran a temperatura ambiente.

Figura 35 Adobes secos de dimensión de 25x13x10cm.
Fuente: Propia

Figura 36 Adobes secos de dimensión de 10x10x10cm.
Fuente: Propia

3.9.5 Ensayos de Análisis y Control del Adobe en Laboratorio

3.9.5.1 Propiedades Físicas

3.9.5.1.1 Absorción

Materiales y equipos:

- Muestras secas de adobe
- Balanza (precisión 0.1 g).
- Recipiente con agua a temperatura controlada (≈ 20–27 °C).
- Estufa (si requiere secado a masa seca constante).
- Pinzas o guantes para manipular las muestras.

Procedimiento:

1. Los adobes se sometieron a un horno a una temperatura entre 110°C y 115°C durante 24 horas, y posteriormente se pesaron una vez enfriados a temperatura ambiente.

Figura 37 Secado de los adobes.
Fuente: Propia

2. Las muestras se sumergieron completamente en agua a temperatura ambiente (15°C–30°C) durante 24 horas. Se aseguró que las muestras no tocaran el fondo metálico ni entre sí, y que el agua cubriera completamente las unidades.

Figura 38 Sumergir los adobes.
Fuente: Propia

3. Tras el periodo de inmersión, se retiraron las muestras, se eliminó el exceso superficial de agua sin presionar los poros y se pesaron inmediatamente dentro de los primeros cinco minutos para obtener Whúmedo (peso húmedo). Se consideró que el peso de las muestras de 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de ceniza de tallo de maíz no incluía el peso de la bandeja.

Figura 39 Peso húmedo de la muestra 2 de adobe con 7.5% de ceniza y de la muestra 1 de adobe con 10% de ceniza.
Fuente: Propia

4. Se calculó la absorción utilizando la fórmula

$$Abs.\% = \left(\frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}}\right) x100$$

Tabla 28 *Datos del ensayo de absorción*

ENSAYO DE ABSORCIÓN					
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Peso seco de la muestra (Ws) g	Peso de la muestra saturada (Wh) g	Absorción %	Pormedio %
Muestra patrón 0%	**M-1**	5284.70	5710.90	8.06	8.25
	M-2	5257.90	5702.30	8.45	
	M-3	5302.40	5738.40	8.22	
2.50%	**M-1**	5133.60	4437.20	-13.57	-13.80
	M-2	5054.10	4337.90	-14.17	
	M-3	5055.30	4365.20	-13.65	
5.00%	**M-1**	4952.70	5532.40	11.70	11.81
	M-2	5009.80	5619.90	12.18	
	M-3	4932.40	5501.60	11.54	
7.50%	**M-1**	4729.30	4823.60	1.99	2.11
	M-2	4887.70	4996.60	2.23	
	M-3	4833.60	4936.20	2.12	
10.00%	**M-1**	4689.20	3856.10	-17.77	-17.71
	M-2	4681.10	3844.80	-17.87	
	M-3	4687.90	3868.30	-17.48	

Fuente: Elaboración Propia

3.9.5.1.2 Succión

Materiales y equipos:

- Muestras de adobe secas
- Balanza analítica o de laboratorio (precisión 0.1 g).
- Recipiente plano con agua.
- Soporte rígido y regla
- Paño o papel absorbente
- Cronómetro.

Preparación de la muestra:

1. Los adobes se secaron según indicaciones de la norma, con el fin de garantizar que los resultados reflejaran únicamente la cantidad de agua absorbida desde la bandeja,

eliminando la influencia de la humedad natural presente en la unidad de adobe. Se sometieron a un horno a temperaturas entre 110°C y 115°C durante 24 horas.

Figura 40 Secado de los adobes.
Fuente: Propia

2. Se midieron y registraron las dimensiones (l x b) y la masa seca (Ws) de cada espécimen en gramos, anotando el área de la cara que se mojaría.

Figura 41 Medición de los adobes.
Fuente: Propia

Procedimiento:

1. Se acondicionó el lugar donde se realizaría la prueba, asegurándose de que la base de la bandeja estuviera nivelada para colocar los soportes. La bandeja se llenó con agua a temperatura ambiente, manteniendo un nivel de 3 mm ± 0.25 mm por encima de los soportes.
2. Con la balanza lista y el cronómetro preparado, se colocó el espécimen sobre los soportes, evitando que tocara la base de la bandeja, durante exactamente 1 minuto.
3. Tras 1 minuto, se retiró el espécimen y se eliminó el exceso de agua superficial con un paño de contacto muy suave durante 10 segundos. Posteriormente, se pesó el espécimen dentro de los siguientes 2 minutos. Este peso final correspondió al espécimen más el agua absorbida durante el minuto de inmersión.

Figura 42 Pesado de los adobes.
Fuente: Propia

4. Calcular la succión:

$$Succion\% = (\frac{Wh - Ws}{A})x200$$

Tabla 29 *Datos del ensayo de succión*

ENSAYO DE SUCCIÓN								
% de ceniza de maíz	Muestra	Largo del espécimen cm	Ancho del espécimen cm	Área de unión de la unidad con el agua (A) cm²	Peso seco de la muestra (Ws) g	Peso de la muestra saturada (Wh) g	Succión (g/min/200cm²)	Promedio (g/min/200cm²)
Muestra patrón 0%	**M-1**	24.86	12.42	308.76	5299.00	5312.70	8.87	8.44
	M-2	24.91	12.69	316.11	5308.20	5321.40	8.35	
	M-3	24.84	12.82	318.45	5299.30	5312.20	8.10	
2.50%	**M-1**	24.85	12.51	310.87	5062.80	5086.40	15.18	15.04
	M-2	24.76	12.58	311.48	5076.40	5099.90	15.09	
	M-3	24.93	12.74	317.61	5081.20	5104.80	14.86	
5.00%	**M-1**	24.97	13.02	325.11	4914.30	4930.30	9.84	9.40
	M-2	24.93	12.95	322.84	4887.60	4902.50	9.23	
	M-3	24.96	12.98	323.98	4901.40	4916.20	9.14	
7.50%	**M-1**	24.61	12.65	311.32	4822.20	4831.90	6.23	6.27
	M-2	24.57	12.54	308.11	4802.60	4812.30	6.30	
	M-3	24.73	12.86	318.03	4883.60	4893.60	6.29	
10.00%	**M-1**	24.4	12.58	306.95	4596.30	4631.70	23.07	22.64
	M-2	24.3	12.68	308.12	4619.70	4654.40	22.52	
	M-3	24.41	12.51	305.37	4566.10	4600.20	22.33	

Fuente: Elaboración Propia

3.9.5.1.3 Resistencia a la erosión acelerada (SAET)

Materiales y equipos:

- Equipo SAET, que consistió en:
  - Bases de almacenamiento y soporte del adobe construidas con tablas de madera de 1 pulgada de grosor.
  - Tubería de PVC para el tanque de almacenamiento de 4 pulgadas de diámetro y conexiones de entrada y rebalse de 0.5 pulgadas.
  - Manguera para conectar la entrada y el rebalse del fluido.
  - Estructura metálica para sostener el equipo durante el ensayo.
  - Sorbete de 10 cm de largo y 5 mm de diámetro como salida del fluido del tanque.
  - Tapón de PVC de 4 pulgadas colocado en la parte superior e inferior del tanque.
  - Adhesivo para tuberías de PVC.
- Agua
- Varilla de 3mm de diámetro
- Cronómetro

Procedimiento:

1. Se seleccionaron adobes aleatoriamente y se curaron durante 30 días antes del ensayo. El procedimiento se basó en la Norma Española UNE 41410:2023 sobre bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Según la norma, se ensayaron al menos dos unidades; en este caso, se utilizaron tres unidades por cada porcentaje de adobe.

Figura 43 Ensayo de la resistencia a la erosión acelerada.
Fuente: Propia

2. Se aseguró que el equipo SAET tuviera un caudal constante. Se colocó una madera con inclinación de 27° en la base del equipo para guiar el flujo de agua.

Figura 44 Equipo de SAET.
Fuente: Propia

3. Transcurridos diez minutos de exposición, se retiró el adobe y se dejó orear durante dos minutos. Posteriormente, se utilizó una varilla de 3 mm de diámetro para medir la oquedad producida por el ensayo en el adobe.

Figura 45 Medir la oquedad que deja el ensayo en el adobe.
Fuente: Propia

Figura 46 Medida de la muestra 3 del adobe con 5% de ceniza de tallo de maíz.
Fuente: Propia

4. Se procedió a calcular la resistencia a la erosión con los datos obtenidos

- Se clasificará como un Bloque apto, Bloque no apto
- D= Profundidad de la oquedad (mm)

Tabla 30 *Parámetros del ensayo de erosión acelerada.*

$0 \leq D \leq 10$	Bloque apto
$D > 10$	Bloque no apto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31 *Datos del ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)*

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE SWINBURNE (SAET)					
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Tiempo min	Oquedad mm	Promedio mm	Condición
Muestra patrón 0%	**M-1**	10.00	15.60	15.83	No Apto
	M-2	10.00	16.10		
	M-3	10.00	15.80		
2.50%	**M-1**	10.00	25.00	24.33	No Apto
	M-2	10.00	27.00		
	M-3	10.00	21.00		
5.00%	**M-1**	10.00	17.00	17.33	No Apto
	M-2	10.00	16.00		
	M-3	10.00	19.00		
7.50%	**M-1**	10.00	8.00	9.67	Apto
	M-2	10.00	10.00		
	M-3	10.00	11.00		
10.00%	**M-1**	10.00	30.00	32.67	No Apto
	M-2	10.00	33.00		
	M-3	10.00	35.00		

Fuente: Elaboración Propia

3.9.5.1.4 Resistencia a la compresión.

Se ensayaron las muestras de 10x10x10cm a los 7, 14 y 28 días, mientras que las muestras de 25×13×10cm se ensayaron a los 28 días. La resistencia a la compresión se midió con cubos de adobe de la menor longitud de la unidad, requiriéndose al menos seis cubos por ensayo. La resistencia última (fc) correspondió al valor que superó el 80% de las piezas secas, considerando un mínimo aceptable de 10.2 kg/cm². Este valor indicó la calidad de la unidad de adobe, no de la albañilería en su conjunto.

$$f_o = 10.2 \frac{Kg}{cm^2} = 1.0 MPa$$

Materiales y equipos:

- Máquina de ensayo de compresión con célula de carga y registrador (capacidad acorde con cargas esperadas).
- Placas de asentamiento y niveles para asegurar alineamiento.
- Calibre/ regla y balanza.
- Unidades de adobe de 10x10x10cm y 25x13x10cm.

Preparación de la muestra:

1. Se registraron las dimensiones transversales del espécimen para calcular el área A (cm^2).

Procedimiento:

1. Se colocó la muestra centrada entre las placas de la máquina de ensayo, asegurando un alineamiento vertical. En caso de irregularidades en la superficie, se utilizaron láminas planas finas o se aplicó una primera carga ligera de asentamiento.

Figura 47 Muestra centrada entre las placas de la máquina de ensayo.
Fuente: Propia

2. Se aplicó carga axial de compresión a razón controlada con velocidad constante de 1 kN por minuto.
3. Se registró la carga máxima P (KN) al momento de la fractura.
4. Se calculó la resistencia a la compresión con la fórmula:

$$fc = \frac{P}{A}$$

Tabla 32 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 10x10x10cm a los 7 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE 10cmx10cm10cm									
A los 7 días									
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Largo del espécimen	Ancho del espécimen	Área bruta del espécimen (A)	Lectura digital (P)	Fuerza convertida	Resistencia específica del espécimen	Resistencia promedio de 4 mejores espécimenes	Resistencia promedio espécimen
		cm	cm	cm²	KN	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²
Muestra patrón 0%	**M-1**	9.73	9.67	94.09	7.49	763.76	8.12	9.12	8.46
	M-2	10.00	9.82	98.20	5.92	603.66	6.15		
	M-3	9.95	9.91	98.60	7.91	806.58	8.18		
	M-4	9.84	10.20	100.37	8.55	871.84	8.69		
	M-5	9.70	9.71	94.19	10.6	1080.88	11.48		
	M-6	9.75	9.77	95.26	7.59	773.95	8.12		
2.50%	**M-1**	9.85	9.79	96.43	8.71	888.16	9.21	8.69	8.08
	M-2	9.92	9.84	97.61	7.33	747.44	7.66		
	M-3	9.78	9.69	94.77	9.16	934.05	9.86		
	M-4	9.82	9.79	96.14	7.43	757.64	7.88		
	M-5	9.91	9.89	98.01	7.52	766.81	7.82		
	M-6	9.88	9.96	98.40	5.86	597.54	6.07		
5.00%	**M-1**	9.78	9.76	95.45	10.57	1077.82	11.29	11.50	10.61
	M-2	9.85	9.82	96.73	8.61	877.96	9.08		
	M-3	9.87	9.85	97.22	10.5	1070.69	11.01		
	M-4	9.79	9.77	95.65	9.64	982.99	10.28		
	M-5	9.82	9.83	96.53	12.71	1296.04	13.43		
	M-6	9.77	9.74	95.16	8.03	818.82	8.60		
7.50%	**M-1**	9.81	9.79	96.04	12.45	1269.53	13.22	12.42	11.92
	M-2	9.91	9.84	97.51	11.94	1217.52	12.49		
	M-3	9.77	9.78	95.55	10.63	1083.94	11.34		
	M-4	9.83	9.81	96.43	9.92	1011.54	10.49		
	M-5	9.85	9.84	96.92	12.01	1224.66	12.64		
	M-6	9.79	9.81	96.04	10.69	1090.06	11.35		
10.00%	**M-1**	9.91	9.89	98.01	6.53	665.86	6.79	6.85	6.69
	M-2	9.87	9.86	97.32	5.70	581.23	5.97		
	M-3	9.74	9.78	95.26	6.37	649.55	6.82		
	M-4	9.82	9.81	96.33	6.47	659.75	6.85		
	M-5	9.75	9.78	95.36	6.31	643.43	6.75		
	M-6	9.81	9.79	96.04	6.53	665.86	6.93		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 10x10x10cm a los 14 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE 10cmx10cm10cm									
A los 14 días									
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Largo del espécimen	Ancho del espécimen	Área bruta del espécimen (A)	Lectura digital (P)	Fuerza convertida	Resistencia específica del espécimen	Resistencia promedio de 4 mejores espécimenes	Resistencia promedio espécimen
		cm	cm	cm²	KN	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²
Muestra patrón 0%	**M-1**	9.89	9.63	95.24	9.64	982.99	10.32	9.59	9.15
	M-2	9.90	9.87	97.71	8.06	821.88	8.41		
	M-3	9.98	10.03	100.10	9.01	918.75	9.18		
	M-4	9.97	10.01	99.80	7.97	812.70	8.14		
	M-5	10.02	9.98	100.00	8.44	860.63	8.61		
	M-6	10.02	10.01	100.30	10.1	1029.90	10.27		
2.50%	**M-1**	9.90	10.01	99.10	4.66	475.18	4.80	5.36	5.02
	M-2	10.01	9.99	100.00	5.52	562.87	5.63		
	M-3	9.99	9.97	99.60	5.68	579.19	5.82		
	M-4	10.01	10.03	100.40	4.72	481.30	4.79		
	M-5	10.02	10.01	100.30	5.13	523.11	5.22		
	M-6	9.98	9.99	99.70	3.76	383.41	3.85		
5.00%	**M-1**	9.98	10.01	99.90	10.75	1096.18	10.97	11.95	11.26
	M-2	9.99	9.99	99.80	9.54	972.79	9.75		
	M-3	9.99	9.98	99.70	10.77	1098.22	11.02		
	M-4	10.01	9.99	100.00	12.87	1312.35	13.12		
	M-5	10.01	10.02	100.30	9.85	1004.40	10.01		
	M-6	10.02	10.01	100.30	12.48	1272.59	12.69		
7.50%	**M-1**	9.99	10.01	100.00	24.29	2476.85	24.77	21.50	20.82
	M-2	10.01	10.05	100.60	19.06	1943.55	19.32		
	M-3	10.02	10.01	100.30	19.64	2002.69	19.97		
	M-4	9.96	9.98	99.40	19.12	1949.67	19.61		
	M-5	9.95	9.99	99.40	19.83	2022.07	20.34		
	M-6	9.99	9.97	99.60	20.44	2084.27	20.93		
10.00%	**M-1**	9.98	9.99	99.70	4.63	472.12	4.74	4.89	4.73
	M-2	9.99	9.98	99.70	4.41	449.69	4.51		
	M-3	10.01	9.98	99.90	5.35	545.54	5.46		
	M-4	10.02	10.01	100.30	4.32	440.51	4.39		
	M-5	10.01	10.02	100.30	4.38	446.63	4.45		
	M-6	9.99	10.01	100.00	4.75	484.36	4.84		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 10x10x10cm a los 28 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE 10cmx10cm10cm									
A los 28 días									
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Largo del espécimen	Ancho del espécimen	Área bruta del espécimen (A)	Lectura digital (P)	Fuerza convertida	Resistencia específica del espécimen	Resistencia promedio de 4 mejores espécimenes	Resistencia promedio espécimen
		cm	cm	cm²	KN	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²
Muestra patrón 0%	**M-1**	9.91	9.88	97.91	10.39	1059.47	10.82	11.35	11.16
	M-2	9.98	9.96	99.40	10.53	1073.74	10.80		
	M-3	9.91	9.94	98.51	11.43	1165.52	11.83		
	M-4	10.20	9.92	101.18	10.69	1090.06	10.77		
	M-5	9.95	9.84	97.91	10.95	1116.57	11.40		
	M-6	9.79	9.91	97.02	10.79	1100.26	11.34		
2.50%	**M-1**	9.95	9.88	98.31	4.13	421.14	4.28	5.11	4.90
	M-2	9.99	9.97	99.60	5.05	514.95	5.17		
	M-3	9.93	9.97	99.00	4.56	464.98	4.70		
	M-4	9.72	9.61	93.41	4.36	444.59	4.76		
	M-5	9.95	9.98	99.30	5.24	534.32	5.38		
	M-6	9.96	9.87	98.31	4.95	504.75	5.13		
5.00%	**M-1**	9.98	9.95	99.30	11.32	1154.30	11.62	12.38	12.04
	M-2	9.95	9.87	98.21	11.08	1129.83	11.50		
	M-3	9.99	9.93	99.20	13.9	1417.38	14.29		
	M-4	9.99	9.87	98.60	11.56	1178.77	11.95		
	M-5	9.97	9.93	99.00	10.89	1110.45	11.22		
	M-6	10.01	9.94	99.50	11.37	1159.40	11.65		
7.50%	**M-1**	10.05	9.98	100.30	22.74	2318.80	23.12	25.06	24.18
	M-2	9.99	10.01	100.00	21.33	2175.02	21.75		
	M-3	10.03	9.99	100.20	24.75	2523.76	25.19		
	M-4	9.99	10.01	100.00	23.86	2433.00	24.33		
	M-5	9.99	9.97	99.60	24.5	2498.27	25.08		
	M-6	10.02	10.02	100.40	25.24	2573.72	25.63		
10.00%	**M-1**	9.64	9.65	93.03	5.17	527.18	5.67	4.34	3.94
	M-2	9.52	9.64	91.77	2.78	283.48	3.09		
	M-3	9.51	9.48	90.15	2.84	289.59	3.21		
	M-4	9.62	9.41	90.52	3.34	340.58	3.76		
	M-5	9.56	9.68	92.54	4.13	421.14	4.55		
	M-6	9.42	9.79	92.22	3.04	309.99	3.36		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 *Datos del ensayo de resistencia a la compresión de unidades de 25x13x10cm a los 28 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE 25cmx13cm10cm									
A los 28 días									
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Largo del espécimen	Ancho del espécimen	Área bruta del espécimen (A)	Lectura digital (P)	Fuerza convertida	Resistencia específica del espécimen	Resistencia promedio de 4 mejores espécimenes	Resistencia promedio espécimen
		cm	cm	cm²	KN	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²
Muestra patrón 0%	**M-1**	24.95	12.91	322.10	35.59	3629.11	11.27	11.82	11.43
	M-2	24.85	12.96	322.06	37.02	3774.93	11.72		
	M-3	24.96	12.95	323.23	32.04	3267.12	10.11		
	M-4	24.98	12.98	324.24	36.87	3759.63	11.60		
	M-5	24.96	12.92	322.48	35.41	3610.76	11.20		
	M-6	24.95	12.97	323.60	40.32	4111.43	12.71		
2.50%	**M-1**	24.97	12.96	323.61	27.49	2803.16	8.66	9.29	8.97
	M-2	24.95	12.94	322.85	27.71	2825.59	8.75		
	M-3	24.93	12.89	321.35	27.82	2836.81	8.83		
	M-4	24.86	12.98	322.68	31.94	3256.92	10.09		
	M-5	24.95	12.91	322.10	29.97	3056.04	9.49		
	M-6	24.89	12.88	320.58	25.1	2559.45	7.98		
5.00%	**M-1**	24.68	12.64	311.96	38.28	3903.41	12.51	12.90	12.64
	M-2	24.73	12.74	315.06	37.63	3837.13	12.18		
	M-3	24.51	12.58	308.34	41.32	4213.40	13.66		
	M-4	24.81	12.47	309.38	39.05	3981.93	12.87		
	M-5	24.73	12.53	309.87	36.69	3741.28	12.07		
	M-6	24.75	12.58	311.36	38.31	3906.47	12.55		
7.50%	**M-1**	24.12	12.34	297.64	55.13	5621.61	18.89	20.95	20.22
	M-2	24.48	12.33	301.84	63.62	6487.33	21.49		
	M-3	24.23	12.21	295.85	54.41	5548.19	18.75		
	M-4	24.23	12.48	302.39	64.11	6537.30	21.62		
	M-5	24.17	12.13	293.18	62.69	6392.50	21.80		
	M-6	24.32	12.49	303.76	55.93	5703.18	18.78		
10.00%	**M-1**	24.96	12.86	320.99	25.18	2567.60	8.00	7.96	7.68
	M-2	24.89	12.91	321.33	21.48	2190.32	6.82		
	M-3	24.87	12.89	320.57	24.2	2467.67	7.70		
	M-4	24.85	12.84	319.07	23.12	2357.55	7.39		
	M-5	24.97	12.93	322.86	25.83	2633.89	8.16		
	M-6	24.86	12.97	322.43	25.27	2576.78	7.99		

Fuente: Elaboración Propia

3.9.5.1.5 Resistencia a la flexión.

Materiales y equipos:

- Máquina de ensayos con bancada para ensayo de flexión
- Soportes con separación L (distancia entre apoyos), regla/medidor.
- Calibre para medir ancho (b) y espesor (d).
- Balanza si se requiere precondicionamiento.

Preparación de la muestra:

- Se registraron los valores promedio de ancho (b) y espesor (d) en el plano de falla.

Procedimiento:

1. Se colocó la probeta sobre los apoyos con separación L.

Figura 48 Muestra de adobe sobre los apoyos con separación L.
Fuente: Propia

2. Se aplicó la carga en el punto medio de la probeta con velocidad de incremento especificada hasta la falla. Se registró la carga máxima W.

Figura 49 Ensayo de flexión en las instalaciones del laboratorio.
Fuente: Propia

3. Se calculó la resistencia a la flexión utilizando la fórmula:

$$S = 3W\left(\frac{l}{2} - x\right)/bd^2$$

Tabla 36 *Datos del ensayo de resistencia a la flexión de unidades de 25x13x10cm a los 28 días*

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UNIDADES DE 25cmx13cm10cm										
A los 28 días										
% de ceniza de tallo de maíz	Muestra	Espesor en del espécimen (d) mm	Ancho del espécimen en el punto de fisura (b) mm	Distancia entre apoyos (l) mm	Distancia promedio desde el centro del espécimen hasta el plano de falla (x) mm	Lectura digital KN	Lectura digital (W) N	Resistencia específica del espécimen (S) N/mm²	Resistencia específica del espécimen (S) kg/cm²	Resistencia promedio del espécimen (S) kg/cm²
Muestra patrón 0%	M-1	98.6	248.6	180	15	4.27	4270.00	0.40	4.05	4.21
	M-2	97.9	246.8	180	18	4.92	4920.00	0.45	4.58	
	M-3	99.5	246.6	180	13	3.56	3560.00	0.34	3.43	
	M-4	98.4	247.1	180	16	4.78	4780.00	0.44	4.52	
	M-5	97	246.9	180	15	4.38	4380.00	0.42	4.33	
	M-6	97.5	247.2	180	14	4.37	4370.00	0.42	4.32	
2.50%	M-1	98.4	248.3	180	16	3.9	3900.00	0.36	3.67	3.83
	M-2	97.5	247.4	180	14	3.15	3150.00	0.31	3.11	
	M-3	98.8	248.9	180	13	4.05	4050.00	0.39	3.93	
	M-4	98.7	247.1	180	14	3.5	3500.00	0.33	3.38	
	M-5	98.9	249	180	15	5.05	5050.00	0.47	4.76	
	M-6	97.8	247.2	180	16	4.3	4300.00	0.40	4.12	
5.00%	M-1	98.1	248.3	180	15	4.1	4100.00	0.39	3.94	4.40
	M-2	99.1	248.8	180	19	7.22	7220.00	0.63	6.42	
	M-3	98.4	246.6	180	15	5.85	5850.00	0.55	5.62	
	M-4	98.7	247.7	180	14	3.03	3030.00	0.29	2.92	
	M-5	97.6	248.7	180	15	3.8	3800.00	0.36	3.68	
	M-6	98.2	247.2	180	13	3.9	3900.00	0.38	3.85	
7.50%	M-1	97.5	248.2	180	14	5.16	5160.00	0.50	5.08	5.31
	M-2	97.1	246.1	180	15	5.06	5060.00	0.49	5.00	
	M-3	98.9	249.1	180	13	5.63	5630.00	0.53	5.44	
	M-4	98.4	247.1	180	16	5.23	5230.00	0.49	4.95	
	M-5	99.1	248.6	180	17	6.95	6950.00	0.62	6.36	
	M-6	97.9	247.3	180	14	5.13	5130.00	0.49	5.03	
10.00%	M-1	98.8	248.6	180	15	3.5	3500.00	0.32	3.31	3.22
	M-2	97.6	247.7	180	13	3.13	3130.00	0.31	3.12	
	M-3	98.5	248.7	180	13	3.25	3250.00	0.31	3.17	
	M-4	97.9	249.1	180	16	3.41	3410.00	0.32	3.23	
	M-5	97.2	246.9	180	14	3.04	3040.00	0.30	3.03	
	M-6	98.7	248.9	180	14	3.58	3580.00	0.34	3.43	

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV

Resultados

En esta capítulo se muestra los resultados obtenidos de los ensayos de absorción, succión, erosión acelerada de Swinburne (SAET), resistencia a la compresión y resistencia a flexión de las unidades de adobe.

La selección de las pruebas estadísticas utilizadas en la presente investigación estuvo condicionada por el comportamiento de los datos obtenidos. Para ello se verificó previamente el cumplimiento del supuesto de normalidad. Cuando dicho supuesto fue satisfecho se aplicaron pruebas paramétricas; en caso contrario se emplearon pruebas no paramétricas, garantizando que el análisis estadístico fuera consistente con la naturaleza de los datos evaluados.

4.1 Contrastación de hipótesis

4.1.1 Hipótesis general

Se logró demostrar la Hipótesis General, la cual menciona que "La incorporación de la ceniza de tallo de maíz influye significativamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, haciéndolo más adecuado para viviendas rurales, Ayacucho, 2025".

Esto se evidenció a partir de la elaboración de unidades de adobe incorporando ceniza de tallo de maíz en proporciones de 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%, donde se observó una variación significativa en el comportamiento físico y mecánico del material. Los resultados muestran que, a medida que se incorpora la ceniza en proporciones adecuadas, se producen mejoras en propiedades físicas como la absorción, succión y resistencia a la erosión, así como en propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión.

En conjunto, los resultados confirman que la ceniza de tallo de maíz actúa como un aditivo estabilizante, mejorando el desempeño integral del adobe, lo que permite validar la hipótesis general planteada.

De acuerdo con la tabla 37 y la figura 50, el adobe patrón (0%) presentó una absorción

promedio de 8.25%, valor que se reduce notablemente en los tratamientos con 7.5% (2.11%) y 10% (–17.71%) de ceniza. La disminución progresiva de la absorción hasta el 7.5% indica que la ceniza de tallo de maíz actúa como un agente densificante, reduciendo la porosidad abierta del adobe y limitando el ingreso de agua por inmersión.

Sin embargo, en los tratamientos con 2.5% y 10% se observaron valores negativos en el cálculo de absorción. Estos resultados no deben interpretarse como una absorción negativa del material, debido a que físicamente dicho comportamiento no corresponde al fenómeno evaluado. De acuerdo con la verificación realizada durante el ensayo, las muestras correspondientes a dichas dosificaciones presentaron pérdida de material superficial durante la inmersión, lo cual afectó el peso final registrado y generó valores negativos en el cálculo. En consecuencia, estos resultados se consideran incidencias experimentales asociadas al desprendimiento de partículas y no una propiedad física real del adobe.

En conjunto, los resultados confirman que una dosificación controlada de ceniza mejora la resistencia del adobe frente a la absorción de agua, siendo el 7.5% el tratamiento más estable y favorable.

Tabla 37 *Resultados promedio del ensayo de absorción (%) con los diferentes tratamientos*

% CTM	Promedio (%)
0%	8.25
2.5%	-13.80
5.0%	11.81
7.5%	2.11
10.0%	-17.71

Fuente: Elaboración Propia

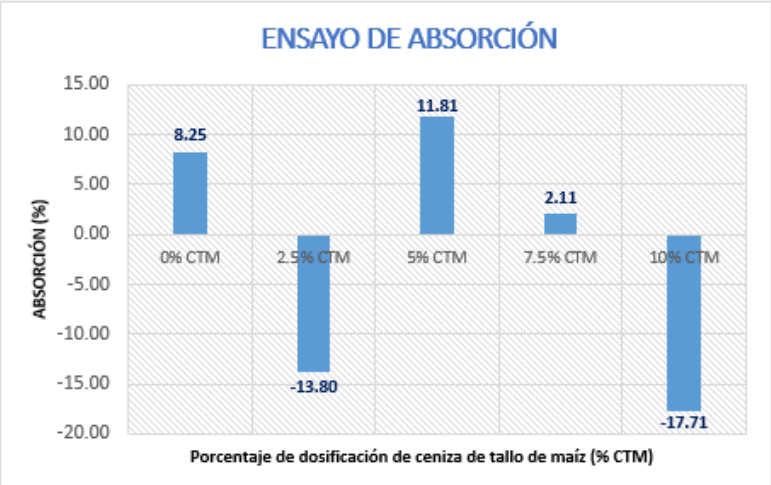


Figura 50 Resultados promedio del ensayo de absorción (%).
Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla 38 y la figura 51, el tratamiento con 7.5% de ceniza registró el menor valor de succión (6.27 g/min/200cm²), en comparación con el adobe patrón (8.44 g/min/200cm²) y especialmente con el tratamiento al 10%, que alcanzó el valor más alto (22.64 g/min/200cm²).

Estos resultados indican que la ceniza, en proporciones adecuadas, contribuye a reducir la absorción capilar, favoreciendo un comportamiento más estable del adobe frente a la humedad ascendente. No obstante, un exceso de ceniza incrementa la succión debido a la generación de microvacíos y pérdida de cohesión interna, lo que incrementa la capilaridad. Por tanto, se evidencia nuevamente que el 7.5% representa la dosificación óptima para mejorar esta propiedad física.

Tabla 38 *Resultados promedio del ensayo de succión (g/min/200cm²) con los diferentes tratamientos*

% CTM	Promedio
0%	8.44
2.5%	15.04
5.0%	9.40
7.5%	6.27
10.0%	22.64

Fuente: Elaboración Propia

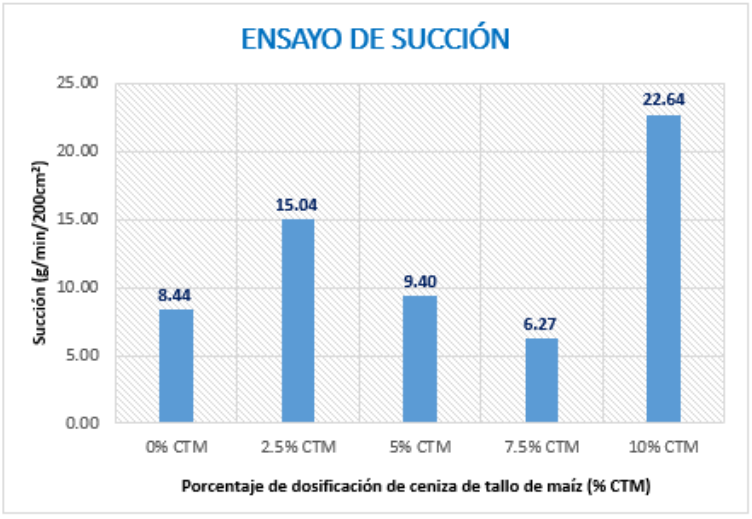


Figura 51 Resultados promedio del ensayo de succión (g/min/200cm²).
Fuente: Elaboración Propia

La tabla 39 y la figura 52 muestran que el tratamiento con 7.5% de ceniza presentó la menor pérdida por erosión (9.67 mm), superando ampliamente al adobe patrón (15.83 mm) y a los tratamientos con 2.5% y 10%, los cuales presentaron pérdidas elevadas (24.33 mm y

32.67 mm, respectivamente).

Este comportamiento confirma que la ceniza de tallo de maíz mejora la cohesión superficial del adobe, incrementando su resistencia frente a la acción del agua y el viento cuando se emplea en proporciones adecuadas. En contraste, dosificaciones mínimas y excesivas generan una estructura frágil, fácilmente erosionable. Estos resultados validan la hipótesis específica relacionada con la mejora de las propiedades físicas del adobe mediante la incorporación de ceniza.

Tabla 39 *Resultados promedio del ensayo a la resistencia a la erosión acelerada (mm) con los diferentes tratamientos*

% CTM	Promedio
0%	15.83
2.5%	24.33
5.0%	17.33
7.5%	9.67
10.0%	32.67

Fuente: Elaboración Propia

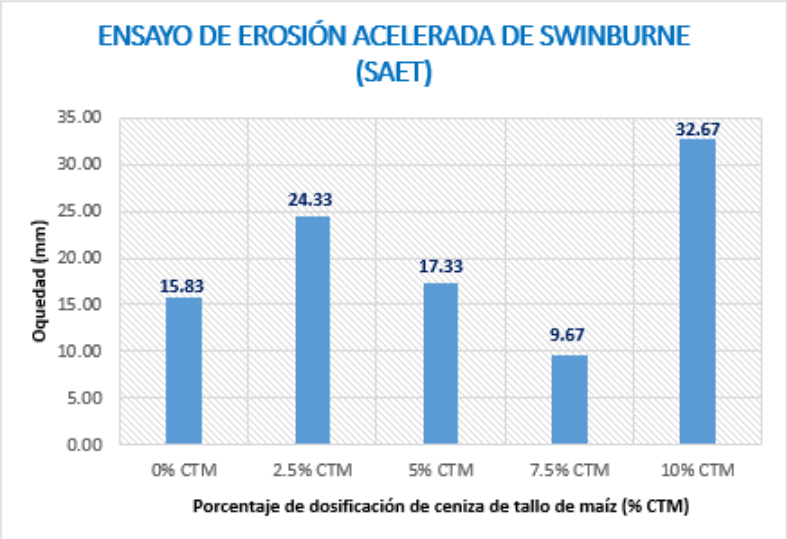


Figura 52 Resultados promedio del ensayo a la resistencia a la erosión acelerada (mm).
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la resistencia a la compresión presentados en las tablas 40 y 41, así como en las figuras 53, 54, 55 y 56, evidencian un comportamiento claramente diferenciado según el porcentaje de ceniza incorporado.

A los 28 días, el tratamiento con 7.5% de ceniza alcanzó la mayor resistencia a la compresión, tanto en adobes de 10×10×10cm (25.06 kg/cm²) como en adobes de

25×13×10cm (20.22 kg/cm²), superando significativamente al adobe patrón (11.35 kg/cm² y 11.43 kg/cm², respectivamente).

Este incremento progresivo con el tiempo sugiere que la ceniza de tallo de maíz posee un efecto estabilizante y cementante, favoreciendo la compactación y la interacción entre partículas del suelo. Por el contrario, los tratamientos con 2.5% y 10% de ceniza de tallo de maíz mostraron una reducción considerable de la resistencia, lo que indica una alteración negativa de la matriz estructural del adobe por déficit o exceso del aditivo.

Tabla 40 *Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) del adobe 10x10x10cm con los diferentes tratamientos a los 7, 14 y 28 días*

% CTM	Promedio		
	Día 7	Día 14	Día 28
0%	9.12	9.59	11.35
2.5%	8.69	5.36	5.11
5.0%	11.50	11.95	12.38
7.5%	12.42	21.34	25.06
10.0%	6.85	4.89	4.34

Fuente: Elaboración Propia

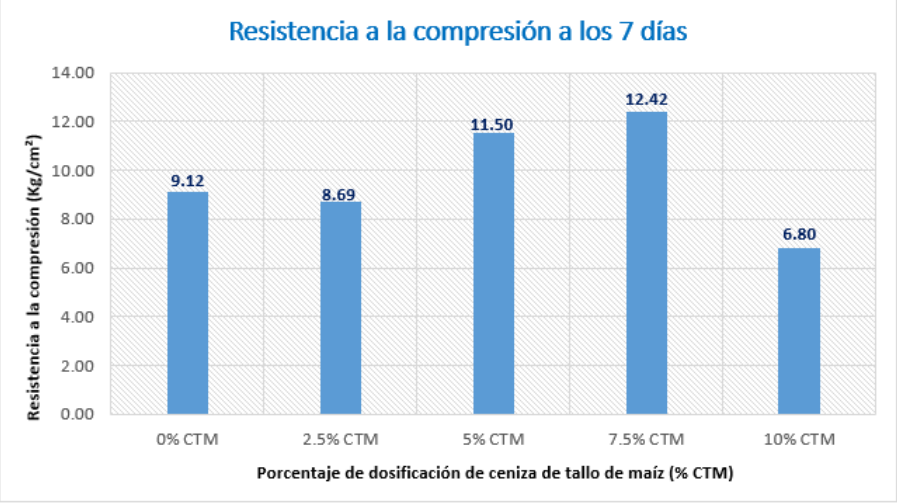


Figura 53 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) a los 7 días.
Fuente: Elaboración Propia

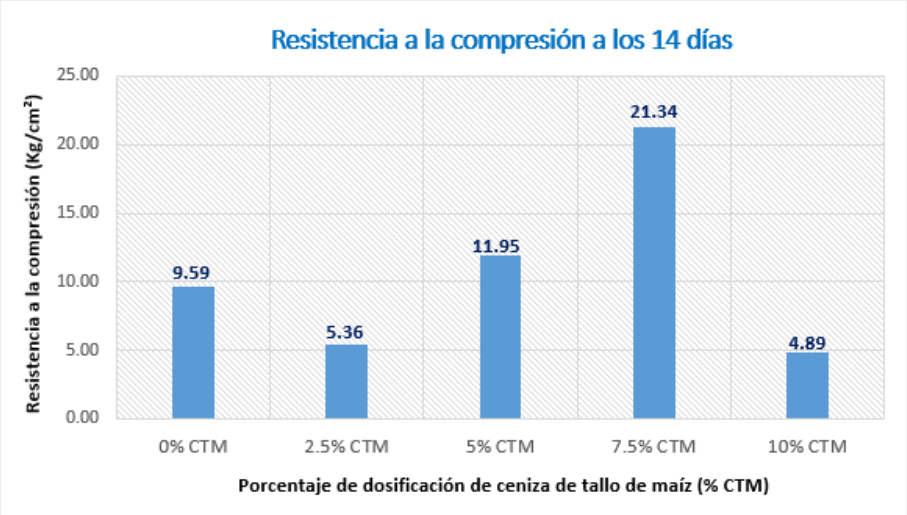


Figura 54 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) a los 14 días.
Fuente: Elaboración Propia

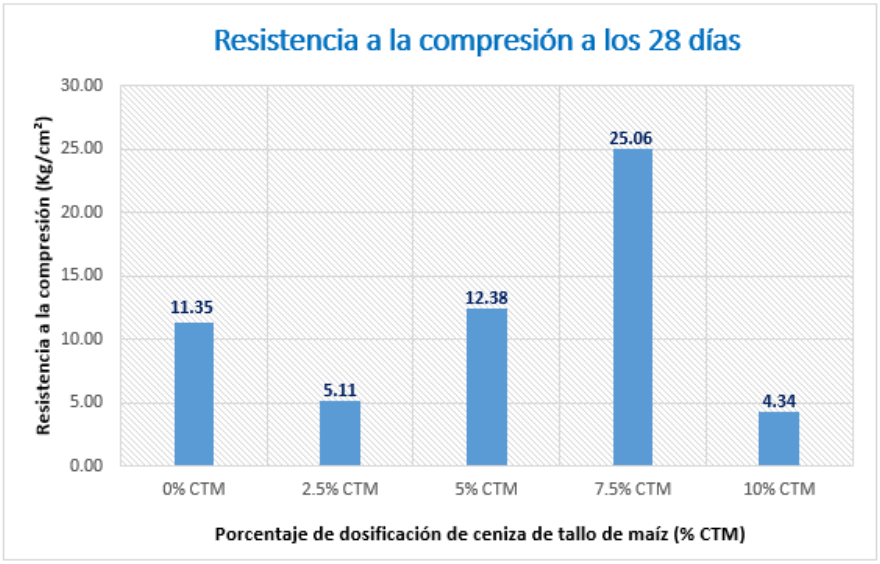


Figura 55 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41 *Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) del adobe 25x13x10cm con los diferentes tratamientos a los 28 días*

% CTM	Promedio Día 28
0%	11.43
2.5%	8.97
5.0%	12.64
7.5%	20.22
10.0%	7.68

Fuente: Elaboración Propia

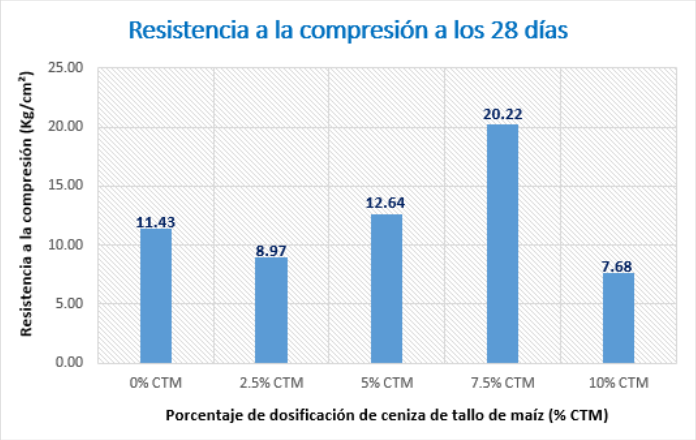


Figura 56 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión (Kg/cm²) de la unidad de 25x13x10cm a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia

La comparación entre unidades de distintas dimensiones mostradas en la figura 57 tuvo como finalidad verificar el comportamiento del material bajo diferentes configuraciones geométricas. Las diferencias observadas responden principalmente al efecto del tamaño y la geometría de las muestras ensayadas, sin alterar la tendencia general del comportamiento del adobe estabilizado con ceniza de tallo de maíz. Esto según Minke (2012) señala que los ensayos en materiales de tierra pueden realizarse utilizando diferentes dimensiones de especímenes según el objetivo experimental y el tipo de ensayo requerido, manteniendo la validez de los resultados siempre que se controle la preparación y composición de las muestras.

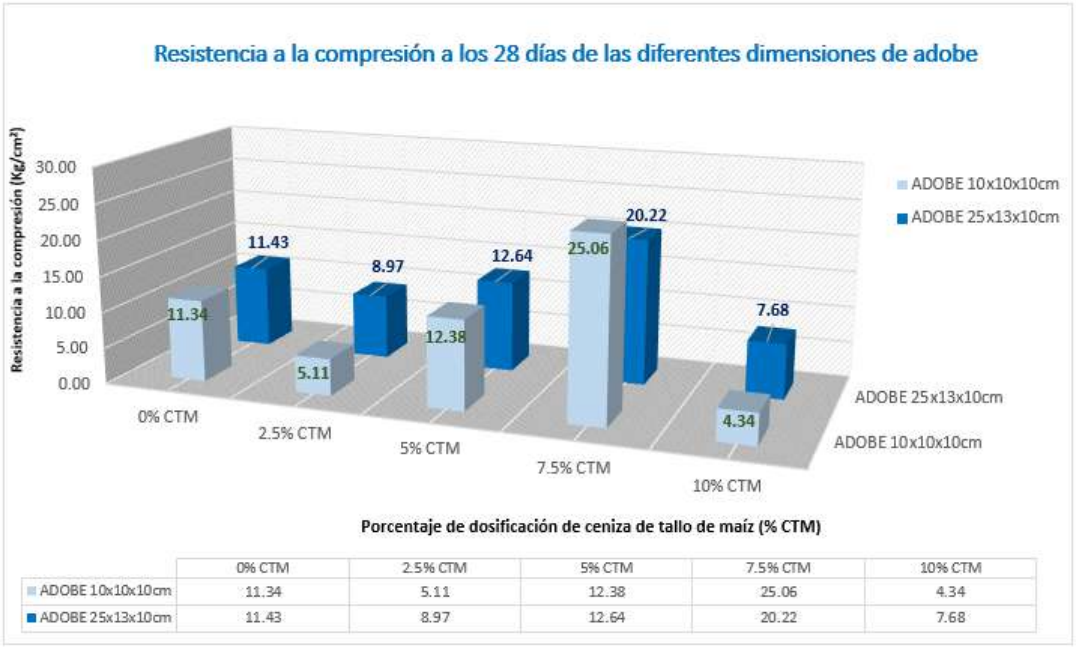


Figura 57 Comparación de los resultados promedio del ensayo de la resistencia a la compresión de las unidades de 25x13x10cm y 10x10x10cm a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia

Conforme a la tabla 42 y la figura 58, el tratamiento con 7.5% de ceniza registró la mayor resistencia a la flexión (5.31 kg/cm²), seguido del tratamiento con 5% (4.40 kg/cm²) y el adobe patrón (4.21 kg/cm²). En contraste, el tratamiento con 10% presentó el valor más bajo (3.22 kg/cm²).

Estos resultados confirman que la ceniza, en proporciones óptimas, mejora la capacidad del adobe para resistir esfuerzos de flexión, reduciendo la probabilidad de fisuración y fallas frágiles. No obstante, una dosificación excesiva debilita la estructura interna del material, disminuyendo su desempeño mecánico.

Tabla 42 *Resultados promedio del ensayo resistencia a la flexión (Kg/cm²)*

% CTM	Promedio Día 28
0%	4.21
2.5%	3.83
5.0%	4.40
7.5%	5.31
10.0%	3.22

Fuente: Elaboración Propia

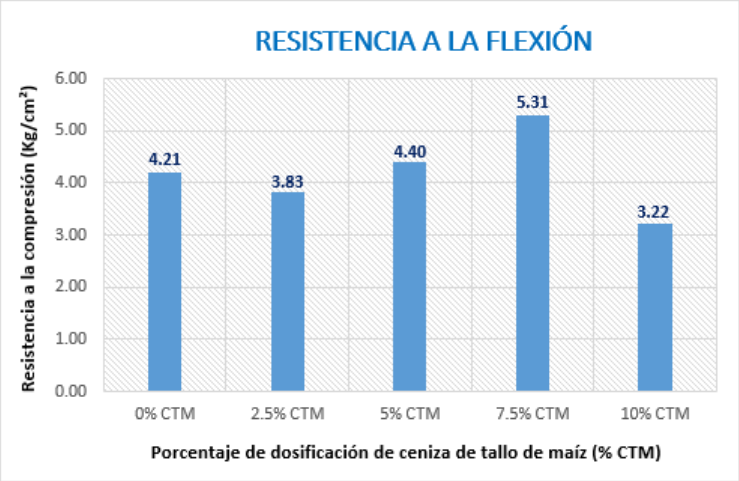


Figura 58 Resultados promedio del ensayo de la resistencia a la flexión (Kg/cm²).
Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Hipótesis Específica N° 1:

Se logró demostrar la Hipótesis Específica N° 1, la cual establece que "Las cenizas de tallo de maíz presentan características que permiten su uso como aditivo estabilizante en el adobe, Ayacucho, 2025.".

En este sentido, las características de la ceniza de tallo de maíz utilizada como aditivo fueron determinadas a partir de antecedentes científicos y técnicos especializados. De tal manera, la ceniza está compuesta principalmente por sílice (SiO_2) con un 68.90%, alúmina (Al_2O_3) con un 0.64%, óxido de fierro (Fe_2O_3) con un 0.49% y óxido de calcio (CaO) con un 3.74%, sumando en conjunto un 73.77% de estos compuestos. Este alto contenido de compuestos es característico de materiales con potencial puzolánico, los cuales son ampliamente reconocidos en la ingeniería civil por su capacidad de mejorar la resistencia y estabilidad de materiales como el adobe.

Asimismo, presenta otros compuestos (26.23%) que no limita su aplicabilidad, sino que complementa su comportamiento como material estabilizante. A nivel físico, la ceniza presenta un peso específico de 1.42 g/cm³, lo que indica que es un material relativamente ligero, favoreciendo su incorporación en la mezcla sin incrementar significativamente la densidad del adobe. De igual manera, su bajo contenido de humedad (0.56%) evidencia que se trata de un material estable, que no altera de manera significativa las condiciones de trabajabilidad de la mezcla.

En conjunto, las características de la ceniza de tallo de maíz utilizada como aditivo fueron determinadas a partir de antecedentes científicos y técnicos especializados permiten afirmar que la ceniza de tallo de maíz posee propiedades físico-químicas adecuadas para ser utilizada como aditivo en la elaboración de adobe, contribuyendo potencialmente a mejorar su desempeño físico-mecánico del material. Por lo tanto, se acepta la hipótesis específica planteada, al demostrarse que dicho material presenta condiciones favorables para su aplicación en la mejora del desempeño físico y mecánico del adobe como componente de construcción de viviendas rurales en el contexto de Ayacucho, 2025.

Tabla 43 *Características de la ceniza de tallo de maíz*

Componente químico	Fórmula	Resultado (%)
Sílice	SiO_2	68.90%
Alúmina	Al_2O_3	0.64%
Óxido de fierro	Fe_2O_3	0.49%
Óxido de calcio	CaO	3.74%
Otros	—	26.23%

Fuente: Elaboración propia con base en antecedentes científicos reportados sobre las características físicas y químicas de la ceniza de tallo de maíz.

Nota: Los resultados se expresan en porcentaje en masa (%).

Resultados complementarios

- Peso específico: 1.42 g/cm³
- Contenido de humedad: 0.56%

4.1.3 Hipótesis Específica N° 2:

Se logró demostrar la Hipótesis Específica N° 2, la cual establece que "La ceniza de tallo de maíz mejora las propiedades físicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025".

Los resultados obtenidos en los ensayos de absorción, succión y resistencia a la erosión evidencian que la incorporación de ceniza de tallo de maíz genera modificaciones favorables en el comportamiento físico del adobe. En particular, se observó una reducción de la absorción de agua y de la succión capilar, así como una mejora significativa en la resistencia frente a procesos de erosión acelerada, en comparación con el adobe patrón.

Estos resultados demuestran que la ceniza contribuye a mejorar la cohesión interna y la estabilidad superficial del adobe, reduciendo su vulnerabilidad frente a la humedad y agentes erosivos, lo cual confirma que este residuo vegetal mejora de manera efectiva las propiedades físicas del adobe, validando la hipótesis específica planteada.

Absorción (%)

Los datos del ensayo de absorción no presentan una distribución normal, por ende la tabla 44 muestra los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, aplicada para comparar la absorción de agua del adobe entre los diferentes tratamientos con ceniza de tallo de maíz. El valor del estadístico obtenido ($H = 13.5$) y un valor $p = 0.009$, menor al nivel de significancia de 0.05, indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

El análisis de los rangos promedio muestra que el tratamiento con 10% de ceniza presenta el menor rango, mientras que el tratamiento con 5% registra el mayor rango promedio. Sin embargo, la presencia de valores negativos en absorción se explica por la pérdida de masa ocurrida durante la inmersión de algunas muestras, principalmente en las dosificaciones de 2.5% y 10%. Este comportamiento evidencia que dichas unidades presentaron desprendimiento superficial de partículas, lo que alteró el peso final utilizado en el cálculo del porcentaje de absorción. Por ello, los valores negativos fueron interpretados como incidencias del procedimiento experimental y no como una reducción real de agua

absorbida. En ese sentido, aunque estadísticamente el tratamiento al 10% presenta menor absorción, el tratamiento con 7.5% de ceniza evidenció el comportamiento más estable y técnicamente favorable, al registrar una reducción consistente de la absorción sin presentar anomalías experimentales. Por ello, se considera que esta dosificación representa la condición más adecuada para mejorar el comportamiento hídrico del adobe.

Tabla 44 *Prueba de Kruskal-Wallis para Absorción (%) por Tratamientos*

Tratamientos	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0%	3	11.0
2.50%	3	5.0
5%	3	14.0
7.50%	3	8.0
10%	3	2.0

Nota: Estadístico = 13.5 Valor-P = 0.00907432

Fuente: Elaboración Propia

La figura 59 representa gráficamente el comportamiento promedio de la absorción de agua para cada tratamiento. Se observa una variación clara de los valores de absorción en función del porcentaje de ceniza incorporado, evidenciando que el adobe sin adición (0%) no presenta el mismo comportamiento que los adobes modificados con ceniza.

Visualmente, se aprecia que ciertos tratamientos reducen la absorción en comparación con el adobe patrón, mientras que otros la incrementan, lo que refuerza la idea de que el efecto de la ceniza depende directamente de la dosificación empleada. Esta tendencia gráfica respalda los resultados estadísticos obtenidos en la Tabla 37 y confirma la influencia de la ceniza de tallo de maíz sobre la absorción del adobe.

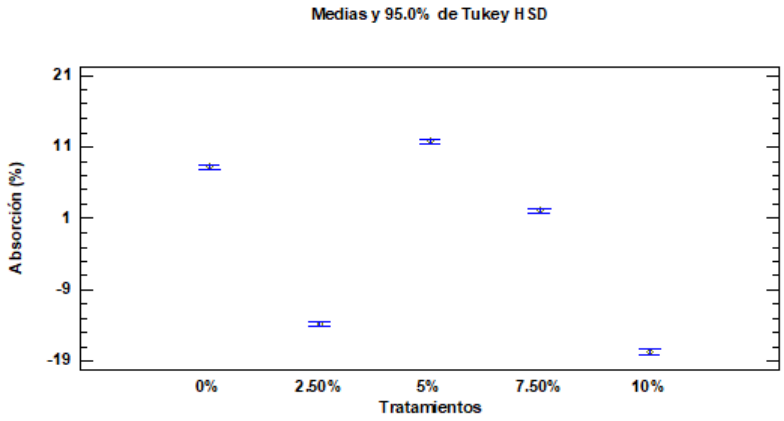


Figura 59 Gráfico de medias para Absorción (%) por tratamientos.
Fuente: STATGRAPHICS - Elaboración propia

Succión (g/min/200cm²)

Los datos del ensayo de succión no presentan una distribución normal, por ende la tabla 45 presenta los resultados de la prueba de Kruskal–Wallis aplicada a la variable succión. El estadístico obtenido (H = 13.5) junto con un valor p = 0.009, inferior a 0.05, evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con distintos porcentajes de ceniza de tallo de maíz.

El análisis de los rangos promedio muestra que el tratamiento con 7.5% de ceniza registra el menor rango, lo que indica una menor succión capilar, mientras que el tratamiento con 10% presenta el mayor rango promedio, reflejando una mayor absorción por capilaridad. Estos resultados evidencian que la ceniza de tallo de maíz influye significativamente en la capacidad del adobe para absorber agua por acción capilar, confirmando su potencial como material estabilizante cuando se emplea en proporciones adecuadas.

Tabla 45 *Prueba de Kruskal-Wallis para Succión (g/min/200cm²) por Tratamientos*

Tratamientos	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0%	3	5.0
2.50%	3	11.0
5%	3	8.0
7.50%	3	2.0
10%	3	14.0

Nota: Estadístico = 13.5 Valor-P = 0.00907432

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 60 se observa gráficamente el comportamiento promedio de la succión capilar del adobe para cada tratamiento. La figura evidencia una disminución notable de la succión en determinados porcentajes de incorporación de ceniza, especialmente en el tratamiento con 7.5%, en comparación con el adobe patrón.

Asimismo, se aprecia un incremento de la succión en el tratamiento con mayor dosificación, lo que sugiere que un exceso de ceniza puede generar una estructura interna menos favorable. Esta representación gráfica refuerza los resultados estadísticos de la tabla 38 y confirma que la ceniza de tallo de maíz modifica de manera significativa la succión del adobe.

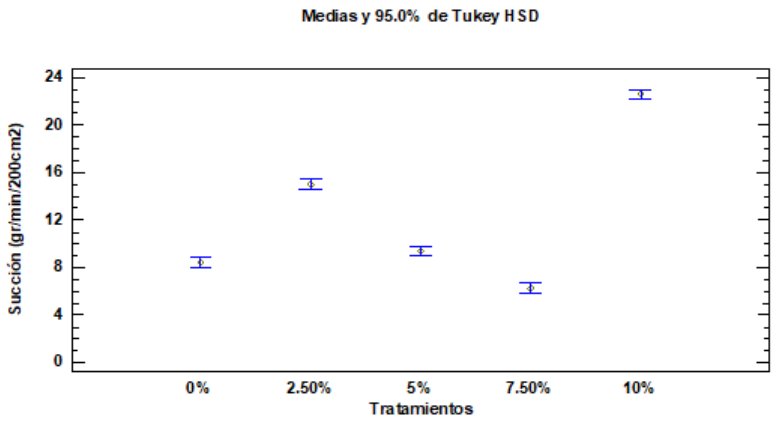


Figura 60 Gráfico de medias para Succión (g/min/200cm²) por tratamientos.
Fuente: STATGRAPHICS - Elaboración propia

Resistencia a la erosión acelerada de Swinburne (mm)

Los datos del ensayo de resistencia a la erosión acelerada de Swinburne si presentan una distribución normal, por ende la tabla 46 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA), aplicado para evaluar la resistencia a la erosión acelerada del adobe. El valor de la razón F obtenido (F = 57.08) y un valor p = 0.000, menor al nivel de significancia de 0.05, indican la existencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Estos resultados confirman que la incorporación de ceniza de tallo de maíz influye de manera determinante en la resistencia del adobe frente a procesos erosivos, evidenciando que el porcentaje de ceniza incorporado afecta directamente la pérdida de material superficial bajo condiciones aceleradas de erosión.

Tabla 46 *Prueba ANOVA para Erosión acelerada de Swinburne (mm) por tratamientos*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	931.4	4	232.85	57.08	0
Intra grupos	40.7933	10	4.07933		
Total (Corr.)	972.193	14			

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 47 muestra los resultados de las pruebas de comparación múltiple, las cuales permiten identificar entre qué tratamientos existen diferencias significativas. Los contrastes indican que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta diferencias estadísticamente significativas respecto al adobe patrón y a los demás tratamientos, evidenciando un mejor comportamiento frente a la erosión.

Asimismo, se observa que el tratamiento con 10% de ceniza presenta diferencias

negativas significativas, lo que indica un desempeño desfavorable frente a la erosión acelerada. Estos resultados confirman que la ceniza de tallo de maíz mejora la resistencia a la erosión del adobe solo cuando se emplea en proporciones adecuadas, reforzando su rol como aditivo estabilizante.

Tabla 47 *Pruebas de Múltiple Rangos para Erosión acelerada (mm) por tratamientos*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0% - 2.50%	*	-8.5	5.42782
0% - 5%		-1.5	5.42782
0% - 7.50%	*	6.16667	5.42782
0% - 10%	*	-16.8333	5.42782
2.50% - 5%	*	7	5.42782
2.50% - 7.50%	*	14.6667	5.42782
2.50% - 10%	*	-8.33333	5.42782
5% - 7.50%	*	7.66667	5.42782
5% - 10%	*	-15.3333	5.42782
7.50% - 10%	*	-23	5.42782

Fuente: Elaboración Propia

La figura 61 muestra de manera gráfica la variación de la resistencia a la erosión acelerada para cada tratamiento. Se evidencia que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta el menor valor promedio de erosión, reflejando una mayor estabilidad superficial del adobe.

En contraste, los tratamientos con dosificaciones extremas, especialmente el 10%, muestran mayores pérdidas de material. Esta representación gráfica respalda los resultados estadísticos del ANOVA y las pruebas de múltiples rangos, confirmando visualmente que la ceniza de tallo de maíz mejora la resistencia a la erosión del adobe cuando se dosifica correctamente.

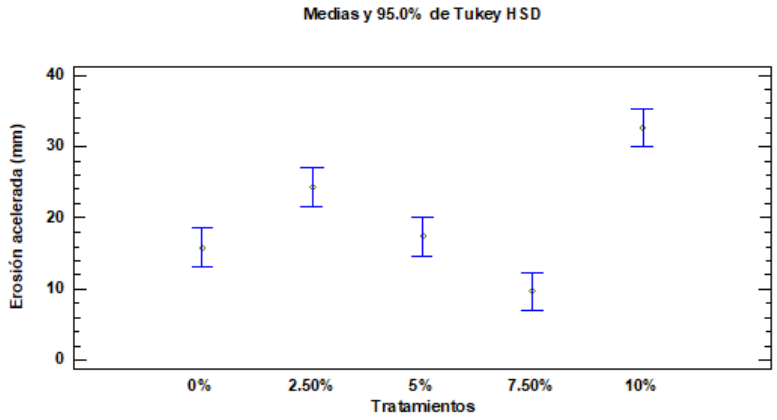


Figura 61 Gráfico de medias para Erosión acelerada (mm) por tratamientos.
Fuente: STATGRAPHICS - Elaboración propia

4.1.4 Hipótesis Específica N° 3:

Se logró demostrar la Hipótesis Específica N° 3, la cual menciona que “La ceniza de tallo de maíz mejora las propiedades mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025”.

Los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión realizados a los 28 días evidencian que la incorporación de ceniza de tallo de maíz incrementa la capacidad resistente del adobe frente a esfuerzos mecánicos. Los resultados muestran que las unidades con ceniza presentan valores superiores de resistencia en comparación con el adobe sin aditivo, reflejando una mejora en la compactación y cohesión del material.

Por lo tanto, se confirma que la ceniza de tallo de maíz contribuye positivamente al desempeño mecánico del adobe, permitiendo una mayor capacidad portante y mejor comportamiento estructural del adobe, lo cual valida la hipótesis específica N° 3.

Resistencia a la compresión

Los datos del ensayo de resistencia a la compresión si presentan una distribución normal, por ende la tabla 48 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la resistencia a la compresión del adobe de dimensiones 10×10×10cm a los 28 días de tiempo de secado. El valor de la razón F = 407.55, junto con un valor p = 0.000, menor al nivel de significancia de 0.05, evidencia la existencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados.

Este resultado confirma que la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de tallo de maíz influye de manera significativa en la resistencia a la compresión del adobe, indicando que el porcentaje de dosificación del aditivo es un factor determinante en el comportamiento mecánico del material.

Tabla 48 *Prueba ANOVA para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 10x10x10cm*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1569.7	4	392.425	407.55	0
Intra grupos	24.0721	25	0.962886		
Total (Corr.)	1593.77	29			

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 49 muestra los resultados de las pruebas de comparación múltiple, las cuales permiten identificar entre qué tratamientos se presentan diferencias estadísticamente significativas. Los contrastes indican que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta diferencias significativas respecto a todos los demás tratamientos, evidenciando una resistencia a la compresión significativamente superior.

Asimismo, se observa que los tratamientos con 2.5% y 10% de ceniza presentan diferencias negativas significativas, lo que refleja una reducción de la resistencia a la compresión en comparación con el adobe patrón.

De tal modo, estos resultados confirman que la ceniza de tallo de maíz mejora la resistencia a la compresión únicamente cuando se emplea en una proporción adecuada, siendo el 7.5% el porcentaje más favorable.

Tabla 49 *Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 10x10x10cm*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0% - 2.50%	*	6.25667	1.6642
0% - 5%		-0.878333	1.6642
0% - 7.50%	*	-13.0233	1.6642
0% - 10%	*	7.22	1.6642
2.50% - 5%	*	-7.135	1.6642
2.50% - 7.50%	*	-19.28	1.6642
2.50% - 10%		0.963333	1.6642
5% - 7.50%	*	-12.145	1.6642
5% - 10%	*	8.09833	1.6642
7.50% - 10%	*	20.2433	1.6642

Fuente: Elaboración Propia

La figura 62 representa gráficamente las medias de resistencia a la compresión para cada tratamiento. Se observa claramente que el tratamiento con 7.5% de ceniza alcanza el valor promedio más alto, superando de manera notoria al adobe patrón y a los demás tratamientos.

La tendencia visual confirma que la resistencia aumenta progresivamente hasta una dosificación óptima y disminuye cuando la cantidad de ceniza es excesiva o mínima. Esta figura respalda los resultados obtenidos en el ANOVA y en las pruebas de múltiples rangos, reforzando la evidencia del efecto positivo de la ceniza en proporciones controladas.

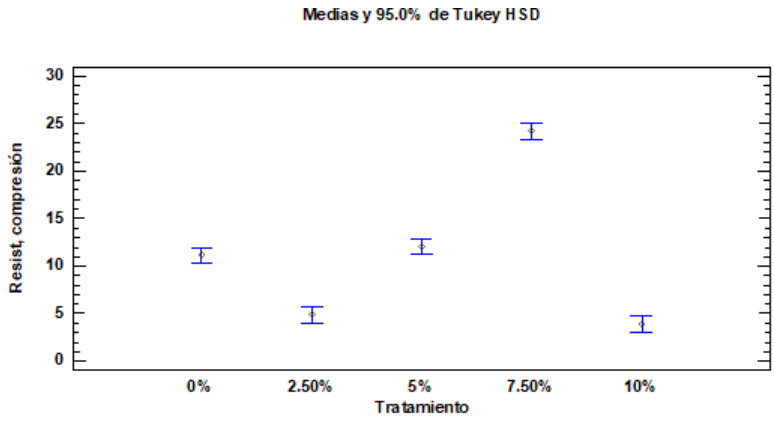


Figura 62 Gráfico de medias para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 10x10x10cm.
Fuente: STATGRAPHICS - Elaboración propia

Los datos del ensayo de absorción no presentan una distribución normal, por ende la tabla 50 presenta los resultados del análisis de varianza para la resistencia a la compresión del adobe de dimensiones 25×13×10cm a los 28 días. El valor de la razón F = 169.71 y un valor p = 0.000, inferior a 0.05, evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Este resultado confirma que la incorporación de ceniza de tallo de maíz afecta significativamente la resistencia a la compresión del adobe, independientemente del tamaño de la unidad, lo que demuestra la consistencia del efecto del aditivo sobre el comportamiento mecánico del material.

Tabla 50 *Prueba ANOVA para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 25x13x10cm*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	576.241	4	144.06	169.71	0
Intra grupos	21.2215	25	0.84886		
Total (Corr.)	597.463	29			

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 51 muestra los contrastes múltiples entre tratamientos para el adobe de mayor dimensión. Los resultados indican que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta diferencias significativas respecto al adobe patrón y a los tratamientos con 2.5%, 5% y 10%, evidenciando nuevamente el mayor desempeño mecánico.

Por otro lado, los tratamientos con dosificaciones bajas o excesivas presentan resistencias inferiores, confirmando que la ceniza de tallo de maíz no mejora de forma

automática la resistencia, sino que su efecto depende de una dosificación óptima.

Tabla 51 *Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 25x13x10cm*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0% - 2.50%	*	2.46833	1.56256
0% - 5%		-1.205	1.56256
0% - 7.50%	*	-8.78667	1.56256
0% - 10%	*	3.75833	1.56256
2.50% - 5%	*	-3.67333	1.56256
2.50% - 7.50%	*	-11.255	1.56256
2.50% - 10%		1.29	1.56256
5% - 7.50%	*	-7.58167	1.56256
5% - 10%	*	4.96333	1.56256
7.50% - 10%	*	12.545	1.56256

Fuente: Elaboración Propia

La figura 63 muestra de manera gráfica el comportamiento promedio de la resistencia a la compresión para cada tratamiento. Se evidencia que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta el valor promedio más elevado, manteniendo la misma tendencia observada en el adobe de menor dimensión.

Esta consistencia visual refuerza la confiabilidad de los resultados experimentales y confirma que la ceniza de tallo de maíz mejora la resistencia a la compresión del adobe cuando se utiliza en una proporción adecuada, independientemente del tamaño del bloque.

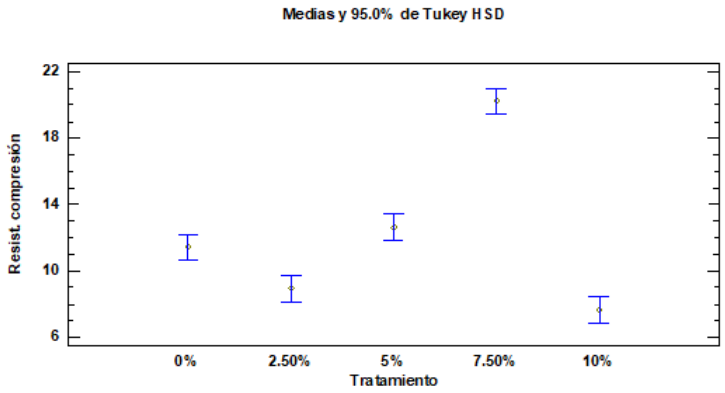


Figura 63 Gráfico de medias para Resistencia a la compresión a los 28 días adobe 25x13x10cm.
Fuente: Propia

La tabla 52 presenta los resultados del análisis de varianza aplicado a la resistencia a la flexión del adobe. El valor de la razón F = 6.89 y un valor p = 0.0007, menor a 0.05, indican

la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Este resultado demuestra que la incorporación de ceniza de tallo de maíz influye significativamente en la resistencia a la flexión del adobe, afectando su capacidad para resistir esfuerzos de flexión, propiedad clave para reducir la fisuración del material.

Tabla 52 *Prueba ANOVA para Resistencia a la flexión.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14.2935	4	3.57336	6.89	0.0007
Intra grupos	12.9675	25	0.518701		
Total (Corr.)	27.261	29			

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 53 muestra los resultados de las pruebas de comparación múltiple para la resistencia a la flexión. Se observa que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta diferencias significativas respecto al tratamiento con 2.5% y al tratamiento con 10%, evidenciando un mejor desempeño mecánico.

Los demás contrastes no presentan diferencias significativas, lo que indica que solo ciertas variaciones en la dosificación generan cambios relevantes en esta propiedad. Estos resultados confirman que la ceniza de tallo de maíz mejora la resistencia a la flexión del adobe cuando se emplea en una proporción intermedia, siendo el 7.5% la más favorable.

Tabla 53 *Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la flexión*

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0% - 2.50%		0.376667	1.22145
0% - 5%		-0.2	1.22145
0% - 7.50%		-1.105	1.22145
0% - 10%		0.99	1.22145
2.50% - 5%		-0.576667	1.22145
2.50% - 7.50%	*	-1.48167	1.22145
2.50% - 10%		0.613333	1.22145
5% - 7.50%		-0.905	1.22145
5% - 10%		1.19	1.22145
7.50% - 10%	*	2.095	1.22145

Fuente: Elaboración Propia

La figura 64 complementa el análisis comparativo de la resistencia a la flexión, reafirmando que el tratamiento con 7.5% de ceniza presenta un comportamiento estadísticamente superior frente a los tratamientos extremos. Este resultado consolida la evidencia de que una dosificación adecuada de ceniza optimiza el desempeño mecánico del adobe, mientras que una sobredosificación reduce su eficiencia estructural.

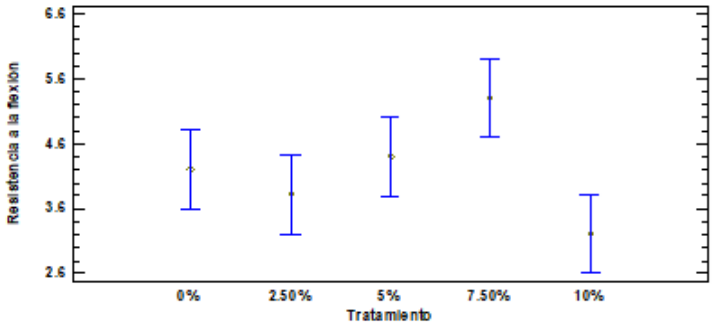


Figura 64 Gráfico de medias para Resistencia a la flexión a los 28 días.
Fuente: STATGRAPHICS - Elaboración propia

4.1.5 Hipótesis Específica N° 4:

Se logró demostrar la Hipótesis Específica N° 4, la cual establece que "Existe una proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas de forma favorable del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025".

Al analizar de manera conjunta los resultados físicos y mecánicos obtenidos para los diferentes porcentajes de incorporación de ceniza, se evidencia que el tratamiento con 7.5% de ceniza de tallo de maíz presenta el mejor comportamiento integral. Este porcentaje mostró menores valores de absorción y succión, mayor resistencia a la erosión, así como los valores más elevados de resistencia a la compresión y flexión.

En contraste, los tratamientos con dosificaciones menores o mayores no lograron el mismo desempeño, lo que indica que el efecto de la ceniza no es proporcional, sino dependiente de una dosificación adecuada. En consecuencia, se confirma la existencia de una proporción óptima de ceniza, validando la hipótesis específica N° 4.

4.2 Análisis e interpretación

4.2.1 Objetivo específico N° 1

El objetivo específico N° 1 estuvo orientado a determinar las características de las cenizas de tallo de maíz (CTM) utilizadas como aditivo en la mezcla de adobe. Las características de la ceniza de tallo de maíz utilizada como aditivo fueron determinadas a partir de antecedentes científicos y técnicos especializados, los cuales sustentan su potencial empleo como material estabilizante en mezclas de adobe. Esta información permitió justificar su incorporación en las dosificaciones evaluadas y orientar el análisis experimental de su influencia sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

Tabla 54 *Composición química reportada para cenizas derivadas de tallo de maíz según antecedentes científicos.*

Autor	Material evaluado evaluado	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)
Wang et al. (2026)	Corn Stalk Ash	64.70	12.43	4.79	3.26
Li et al. (2021)	Corn Stalk Ash	64.80	9.42	2.88	4.95
Alfaro (2019)	Corn husk	72.35	0.75	0.46	4.24
Kaya et al. (2018)	Corn Stalk Ash	49.00	9.00	7.00	19.00
Odeyemi et al. (2021)	Maize Straw Ash	38.49	3.98	0.82	10.39
Memon y Khan (2018)	Corn Cob Ash	61.80	6.31	1.97	4.01
Singh et al. (2018)	Corn Cob Ash	62.20	17.90	9.13	2.96
Oyebisi et al. (2017)	Corn Cob Ash	64.50	6.48	4.03	-
Feng et al. (2018)	Corn Stalk Leaf Ash	67.02	2.15	1.01	6.78

Fuente: Elaboración propia con base en Wang et al. (2026), Li et al. (2021), Alfaro (2019), Kaya et al. (2018), Odeyemi et al. (2021), Memon y Khan (2018), Singh et al. (2018), Oyebisi et al. (2018) y Feng et al. (2018).

Los valores reportados muestran que las cenizas derivadas de tallo o paja de maíz presentan contenidos significativos de sílice (SiO_2), acompañado por menores proporciones de Al_2O_3, Fe_2O_3 y CaO. Esta composición es consistente con el comportamiento reportado para cenizas agrícolas con potencial aplicación como material estabilizante o puzolánico en materiales de construcción. Por ello, las características consideradas para la ceniza utilizada en la presente investigación encuentran sustento en antecedentes científicos especializados, permitiendo justificar técnicamente su empleo como aditivo en mezclas de adobe.

En cuanto a sus propiedades físicas a partir de antecedentes científicos y técnicos

especializados, se considera el peso específico de 1.42 g/cm³ evidencia que la CTM es un material ligero, lo cual resulta favorable para su incorporación en el adobe, ya que no incrementa significativamente la densidad del material final. De igual manera, el bajo contenido de humedad (0.56%) indica estabilidad y adecuada condición de almacenamiento, evitando interferencias en la trabajabilidad de la mezcla. De tal manera, estos resultados encuentran sustento con antecedentes científicos según Alfaro (2019) y Lencinas e Incahuanaco (2017), quienes reportan contenidos de humedad inferiores al 3% en cenizas de maíz, cumpliendo con los requisitos normativos para su uso en materiales de construcción.

Desde el punto de vista funcional, la alta proporción de sílice y demás compuestos permite inferir que la CTM posee capacidad de reaccionar con compuestos presentes en el suelo (particularmente con hidróxidos), generando productos cementantes secundarios que mejoran la cohesión interna del material. Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en investigaciones sobre concreto, donde la incorporación de ceniza de tallo de maíz (CTM) como sustituto parcial del cemento incrementa la resistencia y durabilidad del material. Por ejemplo, en el estudio de Aguilar (2021), reportan incrementos de resistencia a la compresión entre 3.03% y 5.66% al incorporar entre 6% y 8% de CTM (estudio de concreto f'c=210 kg/cm²), evidenciando su efectividad como material puzolánico.

De igual manera, investigaciones más recientes señalan que la reactividad de la CTM no depende significativamente de factores geográficos, sino del proceso de tratamiento y calcinación, presentando un comportamiento puzolánico comparable al de la ceniza volante y el humo de sílice (Shakouri et al.,2023).

Adicionalmente, desde una perspectiva de sostenibilidad, el uso de CTM representa una alternativa eficiente frente al cemento Portland, cuya producción implica altas temperaturas (superiores a 1400 °C) y contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. En contraste, la obtención de CTM requiere temperaturas menores (entre 550 °C y 700 °C), lo que reduce el consumo energético y la huella de carbono, tal como lo señalan diversos estudios recientes sobre materiales cementantes alternativos.

En consecuencia, se cumple el Objetivo Específico N° 1, al haberse determinado las características relevantes de la ceniza empleada en la investigación.

4.2.2 Objetivo específico N° 2

Evaluar la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas del adobe.

Interpretación de resultados del ensayo de absorción

Los resultados del ensayo de absorción (tabla 37 y figura 50) muestran que el tratamiento con 7.5% de ceniza de tallo de maíz presenta la menor absorción (2.11%), en comparación con el adobe patrón (8.25%). Los tratamientos con 2.5% y 10% presentaron valores negativos (-13.80% y -17.71%), debido a incidencias experimentales por pérdida de material superficial durante la inmersión, lo que no corresponde a un comportamiento físico real al fenómeno evaluado. En conclusión, la dosis de 7.5% es la que mejor mejora la resistencia al agua del adobe, reduciendo la porosidad y aumentando la compactación.

Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones nacionales que evidencian que la incorporación de cenizas agrícolas reduce la absorción de agua cuando se aplica una dosificación adecuada. Por ejemplo, Merino (2022) encontró que con la adición del 3.75% de ceniza de tallo de habas la absorción se redujo en 42.9%, demostrando un efecto positivo en la resistencia al agua del adobe. De igual manera, . Chavez (2021) en Cusco registró una mejora en la absorción al aplicar 6% de ceniza de tallo de cebada, aunque con aumento leve (4.45%) en su caso, lo que indica que la respuesta depende del tipo de ceniza y porcentaje utilizado. Asimismo, Acosta (2022) halló que las adiciones de 1% y 2% de ceniza de cáscara de café y plátano optimizan la absorción, pero dosis superiores (3.5%) comprometen la resistencia física.

Estos antecedentes respaldan que una dosificación óptima de ceniza reduce la absorción, mientras que porcentajes altos pueden producir efectos adversos, como se observa en los tratamientos 2.5% y 10% del presente estudio.

Interpretación de resultados del ensayo de succión

En la tabla 38 y figura 51 se observa que el tratamiento con 7.5% de ceniza presentó la menor succión (6.27 g/min/200cm²) comparado con el patrón (8.44 g/min/200cm²) y el 10% (22.64 g/min/200cm²). Esto indica que la ceniza, en proporciones adecuadas, disminuye la capilaridad del adobe, mejorando su comportamiento frente a la humedad.

Los antecedentes nacionales apoyan la idea de que la ceniza mejora la resistencia al agua y reduce la capilaridad cuando se usa en porcentajes controlados. Merino (2022) mostró que con 3.75% de ceniza de tallo de habas la absorción disminuye significativamente, lo cual sugiere también una mejora en la respuesta frente a la humedad. Acosta (2022) también encontró que adiciones de 1% y 2% mejoran las propiedades físico-mecánicas, lo que implica

un comportamiento más estable frente a la humedad.

Por el contrario, en investigaciones donde el porcentaje de ceniza fue excesivo se observan efectos negativos. Por ejemplo, . Chavez (2021) reportó que con 6% de ceniza la succión aumentó en 18.10%, lo que coincide con el incremento de succión observado en el tratamiento 10% del presente estudio. Esto confirma que la mejora de succión es dependiente del porcentaje, y que valores altos pueden incrementar la capilaridad debido a microfisuras o exceso de partículas finas.

Interpretación de resultados del ensayo de erosión acelerada de Swinburne

La tabla 39 y figura 52 muestran que el tratamiento con 7.5% de ceniza obtuvo la menor pérdida por erosión (9.67 mm), mejorando considerablemente frente al adobe patrón (15.83 mm). En cambio, los tratamientos con 2.5% y 10% presentaron pérdidas mayores (24.33 mm y 32.67 mm), lo que evidencia que un exceso o déficit de ceniza reduce la cohesión superficial del adobe.

La mejora en resistencia a la erosión con cenizas agrícolas es respaldada por estudios nacionales e internacionales. Por ejemplo, Ige y Danso (2022) demostraron que la incorporación de cascarilla de arroz y cal reduce la absorción y aumenta la resistencia a la erosión de los ladrillos estabilizados, lo cual coincide con la tendencia observada en el tratamiento 7.5% del presente estudio.

A nivel nacional, Vilca (2025) encontró que con 5.75% de ceniza de tallo de tarwi se obtuvo la absorción más baja, lo cual sugiere un mejor comportamiento frente al agua y erosión. Asimismo, Flores (2024) concluyó que la incorporación de ceniza de tallo de trigo junto con arena sílica mejora significativamente la resistencia a compresión y estabilidad, lo que implica también un aumento de resistencia a la erosión.

Por otro lado, estudios como el de Daga (2022) muestran que el exceso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (3%, 5%, 7%) disminuye la resistencia y aumenta la absorción, lo cual es coherente con el incremento de erosión observado en el tratamiento 10% del presente estudio. Esto confirma que la resistencia a la erosión mejora con ceniza solo cuando se usa una proporción adecuada.

4.2.3 Objetivo específico N° 3

Evaluar la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades mecánicas del adobe.

Interpretación de resultados del ensayo de resistencia a la compresión

En la tabla 40 y tabla 41 y las figuras 53, 54, 55 y 56 se observa que el tratamiento con 7.5% de ceniza de tallo de maíz presenta la mayor resistencia a la compresión, superando al adobe patrón y a los demás tratamientos. Esto indica que la incorporación de ceniza en una proporción adecuada mejora la cohesión interna del adobe y su capacidad de soportar cargas verticales.

Los resultados concuerdan con múltiples antecedentes nacionales e internacionales que muestran mejoras en resistencia mecánica con la incorporación de cenizas agrícolas, siempre que la dosificación sea adecuada.

- **Canaza (2021)** reportó que la adición del 5% de ceniza de tallo de quinua aumentó la resistencia a compresión en 25.30% respecto al adobe convencional, lo cual coincide con el aumento observado en el tratamiento 7.5% de este estudio.
- **Javiliano (2023)** también evidenció que al incrementar el porcentaje de ceniza de hoja de eucalipto, la resistencia a compresión aumenta, siendo los tratamientos de 5% y 7.5% los que alcanzaron los mejores resultados. Esto coincide directamente con el comportamiento observado en el presente estudio, donde el 7.5% mostró el mejor desempeño.
- **Merino (2022)** encontró que el 3.75% de ceniza de tallo de habas mejoró la resistencia a compresión en 2%, lo que refuerza la idea de que una proporción adecuada de ceniza incrementa la resistencia mecánica.
- **Acosta (2022)**, en Cajamarca, halló que adiciones de 1% y 2% de ceniza de cáscara de café y plátano aumentan la resistencia a compresión simple y en pila, mientras que dosis superiores disminuyen la resistencia. Este patrón es coherente con el hecho de que en el presente estudio los tratamientos extremos (2.5% y 10%) no superan al 7.5%, lo que sugiere que el exceso o la escasez de ceniza puede generar fragilidad o microfisuras.

En resumen, los antecedentes confirman que la ceniza como aditivo puede mejorar la resistencia mecánica, pero su efecto depende del porcentaje utilizado; un exceso puede reducir la resistencia.

Interpretación de resultados del ensayo de resistencia a la flexión

En la tabla 42 y figura 58 se observa que el tratamiento con 7.5% de ceniza también presenta la mayor resistencia a la flexión, mientras que el tratamiento patrón y el 2.5% presentan valores inferiores. Esto indica que la ceniza contribuye a mejorar la cohesión del

adobe, permitiendo mayor capacidad para resistir esfuerzos de flexión sin fracturarse.

Los antecedentes nacionales respaldan esta tendencia. Canaza (2021) reportó que con 5% de ceniza de tallo de quinua la resistencia a flexión aumentó en 25.31%, lo cual es consistente con el incremento observado en el tratamiento 7.5% del presente estudio. Asimismo, Vilca (2025) encontró que la adición de ceniza del tallo del tarwi mejoró la resistencia a la compresión y otros parámetros mecánicos, lo cual refuerza que la ceniza mejora el desempeño mecánico del adobe.

Por el contrario, . Chavez (2021) reportó una ligera disminución en la resistencia a flexión con 6% de ceniza de tallo de cebada (-1.48%), lo que indica que no todas las cenizas producen mejoras en flexión o que existe un límite óptimo. Este antecedente es consistente con que en el presente estudio los tratamientos extremos no alcanzan el mejor desempeño, y refuerza la necesidad de determinar un porcentaje óptimo.

4.2.4 Objetivo específico N° 4

El objetivo específico N° 4 buscó determinar la proporción óptima de ceniza de tallo de maíz que permita mejorar de manera favorable las propiedades físicas y mecánicas del adobe para su uso en viviendas rurales. Para ello, se analizaron los resultados de los ensayos de absorción, succión, resistencia a la erosión acelerada, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, considerando los porcentajes de 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de adición de ceniza.

Con la finalidad de evaluar integralmente el comportamiento de las distintas dosificaciones de ceniza de tallo de maíz, se presenta gráficas que muestra la tendencia de los resultados de cada ensayo (absorción, succión, resistencia a la erosión acelerada, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión) ante la adicción de diferentes proporciones de ceniza de tallo de maíz (0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%) y una gráfica comparativa que resume la tendencia observada en las propiedades físicas y mecánicas evaluadas. Se aprecia que la incorporación de ceniza genera mejoras progresivas hasta alcanzar un comportamiento óptimo en la dosificación de 7.5%, donde se obtienen los menores valores de absorción, succión y erosión, así como los mayores valores de resistencia a la compresión y flexión. A partir de dicho porcentaje se observa una disminución del desempeño, particularmente en las propiedades físicas evaluadas para la dosificación de 10%, evidenciando que incrementos adicionales de ceniza no necesariamente producen mejoras en el material.

Figura 65 Tendencia de los resultados del ensayo de absorción ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 66 Tendencia de los resultados del ensayo de succión ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 67 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la erosión acelerada de Swinburne ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 68 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de adobes de 10x10x10cm ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 69 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de adobes de 25x13x10cm ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 70 Comparación de tendencias de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de 25x13x10cm y 10x10x10cm ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 71 Tendencia de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión ante la adición de CTM.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 72 Gráfica de resultados vs dosificación de CTM en los diversos ensayos realizados.
Fuente: Elaboración Propia

Al contrastar estos resultados con los antecedentes de investigación, se observa que diversos estudios nacionales e internacionales respaldan la idea de que la adición de cenizas agrícolas mejora las propiedades del adobe, siempre que se utilice una proporción adecuada. En el contexto nacional, Merino (2022) determinó que el 3.75% de ceniza de tallo de habas optimizó las propiedades del adobe, mejorando la resistencia y reduciendo la absorción de agua. Asimismo, . Chavez (2021) encontró que la dosificación del 6% de ceniza de tallo de cebada incrementó las propiedades físicas y mecánicas del adobe, aunque con una leve disminución en la resistencia a la flexión, lo que sugiere que existe un límite en la dosificación. Canaza (2021) también concluyó que el 5% de ceniza de tallo de quinua aumentó significativamente la resistencia a la compresión y a la flexión, lo que coincide

con los resultados del presente estudio, donde un porcentaje intermedio de ceniza mejora las propiedades mecánicas.

De manera similar, Vilca (2025) señaló que la adición de ceniza del tallo del tarwi mejora los parámetros físico-mecánicos del adobe, destacando que diferentes porcentajes favorecen distintos atributos (por ejemplo, resistencia y absorción), lo que respalda la necesidad de identificar una dosificación óptima. En tanto, Macedo (2025) evidenció que la adición de ceniza de cáscara de granadilla mejoró la resistencia del adobe, pero que el mayor efecto positivo se obtuvo con el 1%, mientras que porcentajes superiores redujeron la resistencia, lo que reafirma que un exceso de ceniza puede ser contraproducente.

En el ámbito internacional, Ige y Danso (2022) encontraron que la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz junto con cal mejora la resistencia a la compresión y reduce la absorción, destacando la importancia de una dosificación controlada para obtener beneficios sin comprometer la estructura del material. En consecuencia, los antecedentes coinciden con los hallazgos de esta investigación, al evidenciar que existe una proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe, y que un exceso puede disminuir su desempeño.

En conclusión, los resultados del presente estudio permiten establecer que la proporción óptima de ceniza de tallo de maíz para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adobe es el 7.5%, ya que es el porcentaje que mostró el mejor comportamiento en los ensayos realizados, respaldando la hipótesis de que existe una dosificación favorable que optimiza el desempeño del adobe.

Capítulo V

Conclusiones

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusión general

Se concluye que la incorporación de ceniza de tallo de maíz influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, observándose un comportamiento óptimo para la dosificación de 7.5% dentro de las condiciones experimentales evaluadas. Los resultados obtenidos permiten establecer el potencial uso de este material en aplicaciones vinculadas a la construcción con adobe; sin embargo, la presente investigación se circunscribe al análisis del material y no constituye una evaluación del comportamiento estructural de viviendas rurales.

5.1.2 Conclusión Objetivo Específico N° 1

Se concluye que la ceniza de tallo de maíz presenta características adecuadas como aditivo estabilizante, debido a su alto contenido de sílice (SiO_2) con 68.90%, alúmina (Al_2O_3) con 0.64%, óxido de fierro (Fe_2O_3) con 0.49% y óxido de calcio (CaO) con 3.74%, que en conjunto representan el 73.77% de su composición. Asimismo, presenta un peso específico de 1.42 g/cm³ y un bajo contenido de humedad (0.56%), lo que favorece su incorporación en la mezcla sin afectar la trabajabilidad del adobe. Estas propiedades confirman su potencial para mejorar el comportamiento del material.

5.1.3 Conclusión Objetivo Específico N° 2

La adición de ceniza de tallo de maíz mejora las propiedades físicas del adobe, ya que se observó una reducción en la absorción, succión, cabe precisar que en el ensayo de absorción se tuvo valores negativos correspondientes a los tratamiento de 2.5% y 10% tratados como

incidencia del procedimiento experimental y no como un comportamiento físico real del adobe, así como un incremento en la resistencia a la erosión acelerada, siendo el tratamiento con 7.5% el que mostró el mejor desempeño en los ensayos realizados (tabla 37, tabla 38 y tabla 39), lo que confirma que la ceniza contribuye a una mayor durabilidad y estabilidad del material frente a agentes externos como el agua.

5.1.4 Conclusión Objetivo Específico N° 3

La ceniza de tallo de maíz influye de manera significativa en las propiedades mecánicas del adobe, observándose un aumento de la resistencia a la compresión y flexión en los tratamientos evaluados, con el 7.5% como la proporción que alcanzó los mejores valores en ambos ensayos (tabla 40, 41 y tabla 42, lo cual demuestra que el uso de ceniza fortalece la capacidad estructural del adobe para su aplicación en construcciones rurales.

5.1.5 Conclusión Objetivo Específico N° 4

Se determinó que la proporción óptima de ceniza de tallo de maíz es el 7.5%, ya que fue el tratamiento que presentó mejores resultados globales en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, reduciendo la absorción y succión, aumentando la resistencia a la erosión acelerada y mejorando la resistencia mecánica en compresión y flexión (tabla 37, tabla 38, tabla 39, tabla 40, tabla 41 y tabla 42), lo que confirma que una dosificación adecuada es clave para lograr un adobe más resistente y durable.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los productores y artesanos de adobe incorporar la ceniza de tallo de maíz en una proporción del 7.5% en la elaboración de adobes, con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, garantizando así un material más resistente y durable para la construcción de viviendas rurales.
- Se recomienda a las autoridades locales y organizaciones comunitarias promover capacitaciones y talleres sobre el uso de ceniza de tallo de maíz como aditivo estabilizante en la fabricación de adobe, fomentando su aplicación en construcciones sostenibles y la valorización de residuos agrícolas en la zona.
- Se recomienda a futuros investigadores realizar ensayos adicionales de durabilidad y comportamiento del adobe ante ciclos de humedad-sequedad, así como evaluar la

influencia de la ceniza en otras propiedades como densidad, conductividad térmica y resistencia a la compresión en pilas, con el objetivo de ampliar la evidencia científica sobre su rendimiento.

- Se recomienda a las instituciones académicas considerar esta investigación como referencia para el desarrollo de materiales de construcción sostenibles, especialmente en zonas rurales donde existe disponibilidad de residuos agrícolas, promoviendo su inclusión en programas de investigación y formación técnica.
- Se recomienda desarrollar investigaciones futuras orientadas a evaluar el comportamiento de elementos constructivos a escala real, tales como muretes, paneles o viviendas de adobe estabilizadas con ceniza de tallo de maíz, con la finalidad de validar el desempeño estructural del material bajo condiciones de servicio.

5.3 Trabajos futuros

- Evaluar el comportamiento del adobe con ceniza de tallo de maíz en ensayos de durabilidad, como ciclos de lluvia artificial y exposición a humedad prolongada.
- Realizar estudios comparativos entre la ceniza de tallo de maíz y otros residuos agrícolas (ceniza de tallo de quinua, trigo, habas, etc.) para determinar cuál ofrece mejores resultados en propiedades físico-mecánicas.
- Investigar el efecto de la ceniza en la conductividad térmica y confort térmico del adobe, para determinar su potencial como aislante en viviendas rurales.
- Implementar una evaluación de costos y sostenibilidad, estimando la viabilidad económica y ambiental de la producción de adobe con ceniza de tallo de maíz a escala comunitaria.
- Probar la aplicación de la proporción óptima (7.5%) en muros y estructuras reales para verificar su comportamiento estructural en condiciones reales de uso.

Referencias bibliográficas

Acosta Llanos, J. F. (2022). *Adición de cenizas de cáscara de café y plátano para mejorar las propiedades físico mecánicas en muros de adobe, Cajamarca - 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110327

Aguilar Medina, D. E. (2021). *Comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto f'c = 210 kg/cm² usando cenizas de tallo de maíz y agua de penca* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/107349

Alba Neciosup, A. A., & León Caldas, E. L. (2022). *Evaluación de propiedades físico mecánicas del adobe adicionando fibra y ceniza de cáscara de pacay, distrito de Caraz - 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94324

Alioui, A., Kaitouni, S. I., Azalam, Y., Al Armouzi, N., Bendada, E. M., & Mabrouki, M. (2024). Effect of straw fibers addition on hygrothermal and mechanical properties of carbon-free adobe bricks: From material to building scale in a semi-arid climate. *Building and Environment*, 255, 111380. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111380

American Psychological Association. (2020). *Publication Manual of the American Psychological Association* (7th ed.).

Angulo Muriana, J. M. (2024). *Evaluación físico-mecánica de adobes con residuos agrícolas* (Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla). Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/dfd271ec-83a3-44bb-a042-01f2a7e05a8f/content

Arif, R., Iqtidar, A., & Khattak, S. U. (2023). Utilizing corn cob ash and bauxite as one-part geopolymer: A sustainable approach for construction materials. *Engineering Proceedings*, *44*(1), 18. https://doi.org/10.3390/engproc2023044018

ASTM International. (2010). ASTM E2392/E2392M-10e1: Standard guide for design of earthen wall building systems. https://tajhizkala.ir/doc/ASTM/E2392E2392M-10e1.pdf

ASTM International. (2019). ASTM C618-19: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. *ASTM International.*

Banaba, G., Murer, S., Rousse, C., Beaumont, F., Bliard, C., Polidori, G., & Chatelet, E. (2025). Effect of rice husk addition on the hygrothermal, mechanical, and acoustic properties of lightened adobe bricks.*Materials*. https://doi.org/10.20944/preprints202506.1941.v1

Becerra, A. (2025). Functional evaluation of rural housing based on a seismically optimized proposal with respect to the E-080 standard, Shaullo Chico Baños del Inca. *International Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 8(1), 1–27. https://doi.org/10.52589/ijmce-akyjjg2g

Bheel, N., Kumar, D., Ismail, F. I., Salilew, W. M., Alwetaishi, M., Waheeb, S. A., & Alkhattabi, L. (2024). Combined effect of jute fiber and corn cob ash on sustainability assessment and mechanical properties of roller compacted concrete using RSM modelling. *Scientific Reports*, 14(1), 29724. https://doi.org/10.1038/s41598-024-81345-7

Calvillo, A. S., Guzmán, E. M. A., Ezquerra, A. N., Mendoza, M. R., Molina, W. M., Galindo, J. I. Á., & Rincón, L. (2024). Physical-chemical, mechanical and durability characterization of historical adobe buildings from the State of Michoacan, Mexico. *Journal Of Building Engineering*, *86*, 108802. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108802

Canaza Choque, J. A. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas del adobe convencional incorporando ceniza de tallo de quinua, Arapa – Azángaro – Puno, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107020/Canaza_CJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cárdenas-Gómez, J. C., Bosch Gonzales, M., & Damiani, C. (2021). Evaluation of reinforced adobe techniques for sustainable reconstruction in Andean seismic zones. *Sustainability*, *13*(9), 4955. https://doi.org/10.3390/su13094955

Chacaltana Quequezana, F. P., & Quiroz Príncipe, K. L. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas del adobe incorporando la ceniza de coronta del maíz, en Paucas, Ancash, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84745/Chacaltana_QFP-Quiroz_PKL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chavez Becerra, S. S. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas de unidades de adobe modificados con incorporación de cenizas de tallo de cebada, Cusco – 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102647/Chavez_BSS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chávez, J. y Alva, A. (2020). Physical And Mechanical Properties Of Compacted Adobe With Incorporation Of Coconut Fibers. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology* http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.447

Cocco, G., Brando, G., & Spacone, E. (2022). A review of local construction practices applied on unreinforced adobe buildings in South. *Frontiers in Built Environment, 8*, 974005. https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.974005

Daga Izquierdo, C. R. (2022). *Resistencia a compresión axial de ladrillos de arcilla incorporando ceniza de bagazo de caña de azúcar, Cajamarca 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30970

Dharek, M.S., Sreekeshava, K.S., Vengala, J., Pramod, K., Sunagar, P., Shivaprakash, M.V. (2022). Experimental Investigations on Utilization of Bagasse Ash in Adobe Bricks. In: Nandagiri, L., Narasimhan, M.C., Marathe, S., Dinesh, S. (eds) Sustainability Trends and Challenges in Civil Engineering. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 162. Springer, Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-2826-9_31

Farro Izasiga, D. P., & Rojas Olano, R. (2024). *Evaluación de las propiedades mecánicas del adobe con incorporación de cemento y fibra natural Stipa Hichu* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/15042

Feng, G., Qi, T., Wang, Z., Bai, J., & Li, Z. (2018b). Physical and chemical characterization of Chinese maize stalk leaf ash: Calcining temperature and aqueous solution. *BioResources, 14*(1), 977-995. https://doi.org/10.15376/biores.14.1.977-995

Field, AP (2018). *Descubriendo estadísticas usando IBM SPSS Statistics* (5.ª ed.). SAGE Publications.

Flores Quispe, J. M. (2024). *Análisis de propiedades físico-mecánicas de muro de adobe con incorporación de ceniza de tallo de trigo y arena sílica, Puno–2023* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/149650

Gutierrez, L. F., Casas, J. R., & Delgadillo, R. M. (2024). Experimental evaluation of adobe bricks reinforced with rice husk, lime and neem fibers for the construction of sustainable housing in Andean areas. *Key Engineering Materials*, 986, 11–16. https://doi.org/10.4028/p-jwEW7R

Heracleous, C., Panagiotou, R., Ioannou, I., & Michael, A. (2023). Hygrothermal performance of adobe structures. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1196(1), 012059. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1196/1/012059

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill. https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Gill Interamericana editores S.A. https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612

Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Earth Construction: A Comprehensive Guide*. Intermediate Technology Publications.

Ige, O., & Danso, H. (2021). Experimental characterization of adobe bricks stabilized with rice husk and lime for sustainable construction. *Journal of Materials in Civil Engineering, 34*(2). https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004059

Javiliano Cueva, M. A. (2023). *Estabilización del adobe con adición de ceniza de hoja de eucalipto para su uso en viviendas rurales, Piscobamba – 2022* [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. UNASAM Institucional. http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5725

Jonkers, H. M., Thijssen, A., Muyzer, G., Copuroglu, O., & Schlangen, E. (2009). Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete. *Ecological Engineering, 36*(2), 230-235. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.12.036

Kasie, Y. M., & Mogne, A. Y. (2025). Improvement of mechanical properties of adobe brick reinforced with sisal fiber. *Discover Materials*, 5, 69.https://doi.org/10.1007/s43939-025-00245-3

Kaya, G. G., Yilmaz, E., & Deveci, H. (2018). Sustainable nanocomposites of epoxy and silica xerogel synthesized from corn stalk ash: Enhanced thermal and acoustic insulation performance. *Composites Part B Engineering, 150*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.05.039

Lencinas Valeriano, F. C., & Incahuanaco Callata, B. I. (2017). *Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento Portland puzolánico IP en la zona altiplánica* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3973

Li, Q., Zhao, Y., Chen, H., Zhao, P., Hou, P., Cheng, X., & Xie, N. (2021). Effect of waste corn stalk ash on the early-age strength development of fly ash/cement composite. *Construction And Building Materials, 303*, 124463. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124463

Liu, J., & Wang, Y. (2024). Performance degradation mechanism of adobe materials under freeze-thaw cycles based on moisture transportation characteristics and microstructural analysis.

Construction and Building Materials, 411, 134464. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134464

Macedo, O. (2025). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe compactado adicionando ceniza de cáscara de granadilla, para mampostería en viviendas autoconstruidas, Juliaca, Puno – 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/17471

Maglad, A. M., Amin, M. S., Zeyad, A. M., Tayeh, B. A., & Agwa, I. S. (2023). Engineering properties of ultra-high strength concrete containing sugarcane bagasse and corn stalk ashes. *Journal of Materials Research and Technology, 23*, 3196–3218. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.01.197

Mauricio, A. C., Grieseler, R., Heller, A. R., Kelley, A. R., Rumiche, F., Sandweiss, D. H., & Viveen, W. (2021). The earliest adobe monumental architecture in the Americas. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 118*(48), e2102941118. https://doi.org/10.1073/pnas.2102941118

Memon, S. A., & Khan, M. K. (2018). Ash blended cement composites: Eco-friendly and sustainable option for utilization of corncob ash. *Journal Of Cleaner Production, 175*, 442-455. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.050

Merino Cuadros, L. V. (2024). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas del adobe incorporando la ceniza del tallo de habas, Jauja – Junín, 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio Institucional UCSS. https://repositorio.ucss.edu.pe/item/78157890-ccec-4956-8326-73478b7001dd

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Diario Oficial El Peruano.*

Minke, G. (2012). *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture* (2nd ed.). Birkhäuser.

Montgomery, D. C. (2019). *Design and Analysis of Experiments* (10th ed.). John Wiley & Sons.

Mora-Ruiz, V., Soto-Paz, J., Attia, S., & Mejía-Parada, C. (2025). Sustainable earthen construction: A meta-analytical review of environmental, mechanical, and thermal performance. *Buildings, 15*(6), 918. https://doi.org/10.3390/buildings15060918

Morsy, M. I., Alakeel, K. A., Ahmed, A. E., Abbas, A. M., Omara, A. I., Abdelsalam, N. R., & Emaish, H. H. (2022). Reciclaje de ceniza de paja de arroz para producir ladrillos de adobe

de geopolímero resistentes a la humedad y de baja conductividad térmica. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3759–3771. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.004

Ngaram, S. M. (2020). Effects of moisture content on thermal properties of adobe bricks as a sustainable building material. *American Journal of Applied Sciences, 17*(1), 50–55. https://doi.org/10.3844/ajassp.2020.50.55

Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. (2017) (RM N.º 121-2017-VIVIENDA). *Diario Oficial El Peruano*. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

Odeyemi, S. O., Abdulwahab, R., Giwa, Z. T., Anifowose, M. A., Odeyemi, O. T., & Ezenweani, C. F. (2021). Effect of Combining Maize Straw and Palm Oil Fuel Ashes in Concrete as Partial Cement Replacement in Compression. *Trends In Sciences, 18*(19), 29. https://doi.org/10.48048/tis.2021.29

Ouedraogo, A. K. A. H., Koteng, D. O., & Ambassah, N. (2024). Effect of Pretreated Corn Cob Ash on the Mechanical and Durability Characteristics of High-Strength Concrete. *International Journal Of Civil Engineering, 11*(3), 125-138. https://doi.org/10.14445/23488352/ijce-v11i3p111

Oyebisi, S. O., Olutoge, F. A., Ofuyatan, O. M., & Abioye, A. A. (2017). Effect of corncob ash blended cement on the properties of lateritic interlocking blocks. *Progress In Industrial Ecology An International Journal, 11*(4), 373. https://doi.org/10.1504/pie.2017.092729

Peña-Huaman, F., Sifuentes-Rivera, D., & Yarasca-Aybar, C. (2022). Architectural typology of rural housing in Jaen, Peru. *Built Heritage, 6*(2), Article 48. https://doi.org/10.1186/s43238-022-00048-y

Polidori, G., Aras-Gaudry, A., Rousse, C., Beaumont, F., Bogard, F., Murer, S., Moussa, T., Bliard, C., Fronteau, G., & Hamard, E. (2025). Analysis of adobes from vernacular raw earth buildings in the Champagne region (France). *Construction and Building Materials,470*(0950-0618),140582.https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140582

Poorveekan, K., Ath, K. M. S., Anbur uvel, A., & Sathiparan, N. (2021). Investigation of the engineering properties of cementless stabilized earth blocks with alkali-activated eggshell and rice husk ash as a binder. *Construction and Building Materials*, 277, Article 122371. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122371

Quispe Castro, W., & Reynoso Oscanoa, J. (2024). Adición de fibra de maguey y cal hidratada para mejorar las propiedades físico-mecánicas del adobe para viviendas rurales. *Ciencia*

Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(6), 4498–4512. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9016

Rizo Lázaro, A., Garay Monsalve, L., & Monsalve Lizcano, F. (2022). El bahareque y el adobe como técnica constructiva sismo-resistente. *Formación Estratégica, 3*(1), 1–15. https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/46

Robles Rojo, A. (2022). *Elaboración de bloques de adobe con fibras de bagazo de caña y agregado de nopal para mejorar la resistencia a compresión y durabilidad* [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Colima]. Tecnológico Nacional de México. https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6063

Rocco, A., Vicente, R., Rodrigues, H., & Ferreira, V. (2024). Adobe blocks reinforced with vegetal fibres: Mechanical and thermal characterisation. *Buildings, 14*(8), 2582. https://doi.org/10.3390/buildings14082582

Romero-Sáez, Manuel. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *TecnoLógicas, 25*(54), e100, https://doi.org/10.22430/22565337.2505

Chutas, R. M. y Champi Chávez, L. A. (2024). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del adobe mejorado de 0.40 m x 0.20 m x 0.15 m con geomalla bioxal e impermeabilizante y el lado tradicional en el distrito de Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional https://repositorio.uandina.edu.pe/item/d383d5b2-a50b-455d-85a5-5fec30b20a1e

Shakouri, M., Hu, J., & Stolle, C. (2023). Evaluación de la variabilidad regional en la composición química y la reactividad puzolánica de las cenizas de rastrojo de maíz en los Estados Unidos. Cement, 14, 100086. https://doi.org/10.1016/j.cement.2023.100086

Sharma, T., Singh, S., Sharma, S., Sharma, A., Shukla, AK, Li, C., Zhang, Y. y Eldin, EMT (2022). Estudios sobre el uso de polvo de mármol, ceniza de bagazo y residuos de paja de arroz para mejorar las características mecánicas de bloques de tierra cruda. *Sustainability , 14*(21), 14522. https://doi.org/10.3390/su142114522

Shilar, F.A., Ganachari, S.V., Patil, V.B., Almakayeel, N., Khan, T.Y., (2023). Development and optimization of an eco-friendly geopolymer brick production process for sustainable masonry construction. Case Stud. Constr. Mater. 18, e02133. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02133

Singh, K., Singh, J., & Kumar, S. (2018b). Evaluation of corn cob ash as partial replacement of cement in concrete. *Agricultural Research Journal, 55*(4), 737. https://doi.org/10.5958/2395-146x.2018.00133.3

Snellings, R., Mertens, G. & Elsen, J. (2012). Supplementary cementitious materials. *Reviews in mineralogy and geochemistry, 74*(1), 211–278. https://doi:10.2138/rmg.2012.74.6

Stel'makh, S. A., Beskopylny, A., Shcherban, E. M., Mavzolevskii, D., Drukarenko, S., Chernil'nik, A. A., Elshaeva, D., & Shilov, A. (2024). Influence of corn cob ash additive on the structure and properties of cement concrete. *Construction Materials And Products, 7*(3), 2. https://doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-3-2

Torre, A., Ramirez, S., Moromi, I., Basurto, L., & Reyes, C. (2024). The utilization of crushed corn cob as a sand substitute in Portland cement mortars for sustainable construction. *Buildings, 14*(3), 594. https://doi.org/10.3390/buildings14030594

Ukwizagira, G., & Mbereyaho, L. (2023). Strength Assessment of Improved Adobe Brick Using Natural Stabilizers. *Mediterranean Journal Of Basic And Applied Sciences, 07*(01), 14-26. https://doi.org/10.46382/mjbas.2023.7102

Vilca Llungo, R. R. (2025*). Influencia de la ceniza del tallo del tarwi en las propiedades físico-mecánicas del adobe en el centro poblado Munaypa–Inchupalla–Huancané–Puno 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/17204

Wang, R., Chen, Y., Wei, G., Wang, Y., & Xie, X. (2026). Optimization of mix proportions and hydration study of high-strength concrete incorporating corn stalk ash and silica fume as supplementary cementitious materials. *Scientific Reports, 16*, 8318.

Anexo A

Anexos

"Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025"

a) Matriz de consistencia

Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento	Metodología
Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025	La incorporación de la ceniza de tallo de maíz influye significativamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del adobe, haciéndolo más adecuado para viviendas rurales, Ayacucho, 2025	**Variable Independiente**	% Porcentaje de dosificación	0%, 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10.0% en relación al peso del adobe patrón	Kg	Ficha de recolección	**Metodología:** Inductivo **Orientación de la investigación:** Aplicada **Enfoque:** Aplicada **Instrumentos de recolección de datos:** Ambilectivo **Tipo:** Explicativo **Nivel:** Explicativo **Diseño de la investigación:** Experimental **a) Según el propósito del estudio:** Experimental Transversal **c) Según el propósito del estudio:** Prospectivo **Población y muestra** 195 unidades de adobe
		Ceniza de tallo de maíz	Tipo de residuo	tallo		Ficha de caracterización del residuo	
Determinar las características de la cenizas de tallo de maíz utilizadas como aditivo en la mezcla de adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.	Las cenizas de tallo de maíz presentan características que permiten su uso como aditivo estabilizante en el adobe, Ayacucho, 2025.	**Variable Dependiente**	Absorción	Porcentaje de agua absorbida por inmersión del adobe	%	Ficha de registro experimental	
Evaluar la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.	La ceniza del tallo de maíz mejora las propiedades físicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.	Propiedades Físicas	Succión	Cantidad de agua absorbida por acción capilar (en 1 min. +/- 1 seg.)	g/min/200cm²	Ficha de registro experimental	
Evaluar la influencia de la ceniza de tallo de maíz en las propiedades mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.	La ceniza de tallo de maíz mejora las propiedades mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.		Resistencia a la erosión acelerada de Swinburne (SAET)	Pérdida de masa o volumen del adobe tras exposición a erosión por agua o viento (ensayo de erosión)	mm	Ficha de ensayo de erosión	
Determinar la proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025.	Existe una proporción óptima de ceniza que mejora las propiedades físicas y mecánicas de forma favorable del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025	Propiedades mecánicas	Resistencia a la comprensión	Carga máxima soportada por unidad de adobe antes de fallar	Kg/cm²	Ficha de ensayo de compresión	
			Resistencia a la flexión	Carga máxima soportada en su cara longitudinal por unidad de adobe antes de fallar	Kg/cm²	Ficha de ensayo de flexión	

Anexo B

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 966942996
Ayacucho – Perú
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Región : Ayacucho HR: 009
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : Ayacucho
Proyecto : "Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025"
Muestra : Ceniza de Tallo de Maíz
Solicitante : Srta. Johan Greit Cerrón Atachao

ANALISIS FISICO – QUIMICO

N°	Componentes	Contenido
01	Sílice (%SiO_2)	66.74
02	Aluminio (%Al_2O_3)	6.82
03	Hierro (%Fe_2O_3)	1.86
04	Calcio (% CaO)	4.36
05	Magnesio (% MgO)	1.78
06	Otros (%)	18.44

METODOLOGIA:
MINERALES (CENIZA): Incineración en Mufla a 600°C x 4 Horas
SILICE, ALUMINIO, HIERRO: Absorción Atómica
FÓSFORO: Colorimetría
POTASIO, AZUFRE: Turbidimetría
CALCIO, MAGNESIO: Absorción Atómica

Ayacucho, 02 de Julio del 2026

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan K. Cirón Molina
C.I.P. 77120

Anexo C

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN MECÁNICA DE SUELOS Y UNIDADES DE ADOBE

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

NOVIEMBRE DEL 2025

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731

Jr. Quinua 570 Ayacucho - Telf. 962 835652 – Correo: casagrandecons22@gmail.com

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

NOVIEMBRE DEL 2025

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.129:1999)

Proyecto	: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"		
Trazabilidad	: INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010	Región/Provinc	: AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante	: CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT	Distrito	: AYACUCHO
Exploración	: MUESTRA 01 / SECTOR MOLLEPATA	Lugar	: AYACUCHO
Estrato / Nivel	: MATERIAL GRANULAR	Fecha	: NOVIEMBRE DEL 2025

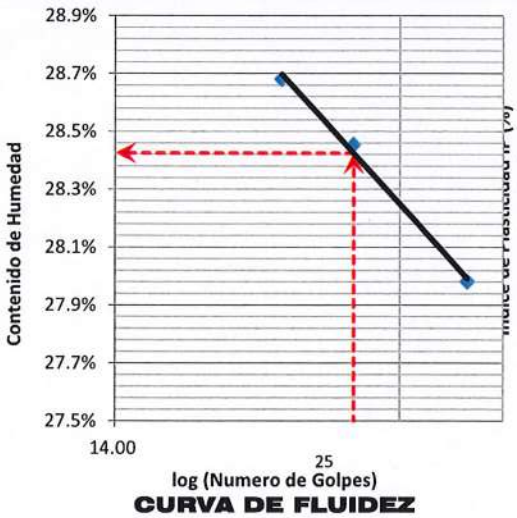
DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS

	RECIPIENTE	Nº	28	32		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	22.780	23.010		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	22.480	22.770		
3	PESO RECIPIENTE	gr	21.340	21.860		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.30	0.24		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	1.14	0.91		
6	HUMEDAD	%	26.32%	26.37%		
	LIMITE PLÁSTICO	**%**			**26.3%**	

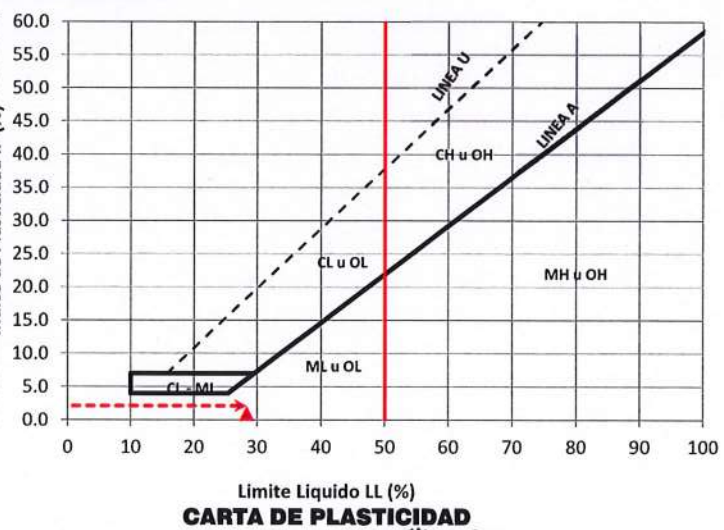
DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

			PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
	RECIPIENTE	Nº	36	16	40	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	47.920	50.810	49.530	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	42.170	44.630	43.470	
3	PESO RECIPIENTE	gr	21.620	22.910	22.340	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	5.750	6.180	6.060	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	20.550	21.720	21.130	
6	HUMEDAD	%	27.98%	28.45%	28.68%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	33	25	21	
	LIMITE LIQUIDO	**%**			**28.4%**	

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 2.1%



CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

MÉTODO DEL ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 339.128:1999)

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

Trazabilidad : INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010
Solicitante : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
Exploración : MUESTRA 01 / SECTOR MOLLEPATA
Estrato/Nivel : MATERIAL GRANULAR

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : NOVIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	-	-	-	100.00
2"	50.000	-	-	-	100.00
11/2"	37.500	61.95	1.47	1.47	98.53
1"	25.000	87.50	2.08	3.56	96.44
3/4"	19.000	-	-	3.56	96.44
3/8"	9.500	125.47	2.99	6.54	93.46
Nº 4	4.750	179.52	4.27	10.81	89.19
Nº 10	2.000	238.77	5.68	16.49	83.51
N°20	0.850	593.99	14.13	30.63	69.37
N° 40	0.425	411.94	9.80	40.43	59.57
N° 60	0.250	246.61	5.87	46.30	53.70
N° 140	0.106	63.85	1.52	47.82	52.18
N° 200	0.075	36.60	0.87	48.69	51.31
			-	48.69	
Lavado		2,156.6	51.31	100.00	
TOTAL		4202.8	100.0		

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ENSAYOS ESTÁNDAR

Peso seco inicial (gr)	4202.8
Peso seco lavado (gr)	2046.2
Pérdida por lavado (gr)	2156.6
% Grava	**10.8**
% Grava gruesa	3.6
% Grava fina	7.3
% Arena	**37.9**
% Arena gruesa	5.7
% Arena media	23.9
% Arena fina	8.3
% de Finos	**51.3**
$D_{10} = D_{e(mm)}$ = -.-	Cu = -.-
$D_{30(mm)}$ = -.-	Cc = -.-
$D_{60(mm)}$ = 0.438	

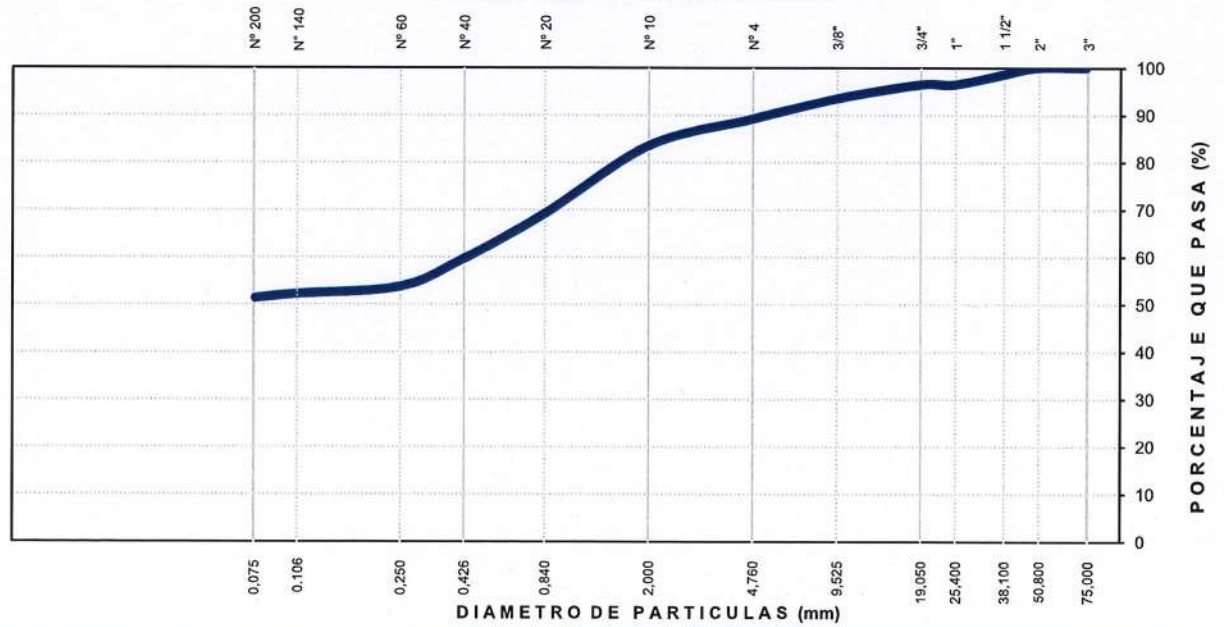
CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-4 (0)
Clasificación SUCS	ML

MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN-SUCS) NTP 339.134:1999

LIMO ARENOSO

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285734
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS

Proyecto : **"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"**

Trazabilidad	**: INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010**	Región/Prov.	**: AYACUCHO / HUAMANGA**
Solicitante	**: CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT**	Distrito	**: AYACUCHO**
Exploración	**: MUESTRA 01 / SECTOR MOLLEPATA**	Lugar	**: AYACUCHO**
Estrato/Nivel	**: MATERIAL GRANULAR**	Fecha	**: NOVIEMBRE DEL 2025**

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	74	81
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,277.50	1,249.61
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,090.87	1,066.24
PESO RECIPIENTE	gr	50.55	49.35
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	186.63	183.38
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	1,040.33	1,016.89
HUMEDAD	%	17.9%	18.0%
CONTENIDO DE HUMEDAD	**%**	**18.0%**	

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Dirección: Jr. Quinua N° 570
Ayacucho

Teléfono: 962 835652

Email: casagrandecons22@gmail.com

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.129:1999)

Proyecto	: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"		
Trazabilidad	: INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010	Región/Provinc	: AYACUCHO / HUAMANGA
Solicitante	: CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT	Distrito	: AYACUCHO
Exploración	: MUESTRA 02 / SECTOR HUASCAHURA	Lugar	: AYACUCHO
Estrato / Nivel	: MATERIAL GRANULAR	Fecha	: NOVIEMBRE DEL 2025

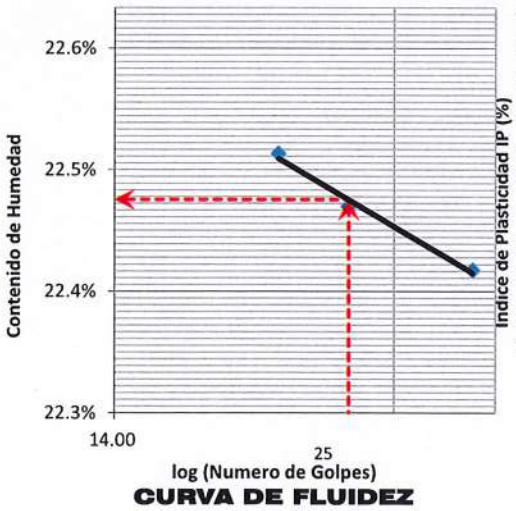
DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS

	RECIPIENTE	Nº	14	31		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	24.160	21.920		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	23.950	21.790		
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.910	21.160		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.21	0.13		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	1.04	0.63		
6	HUMEDAD	%	20.19%	20.63%		
	LIMITE PLÁSTICO	**%**			**20.4%**	

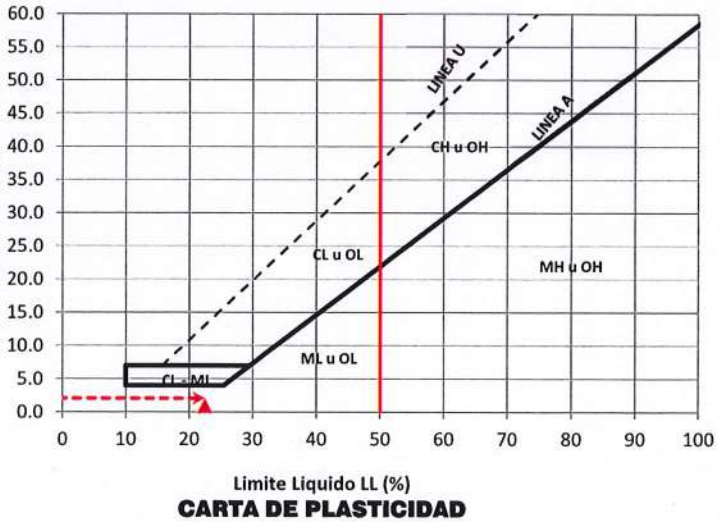
DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

			PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
	RECIPIENTE	Nº	48	18	66	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	44.820	55.940	46.630	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	40.610	49.627	42.113	
3	PESO RECIPIENTE	gr	21.820	21.510	22.030	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	4.210	6.313	4.517	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	18.790	28.117	20.083	
6	HUMEDAD	%	22.41%	22.45%	22.49%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	34	25	21	
	LIMITE LIQUIDO	**%**			**22.5%**	

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 2.0%



CURVA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

MÉTODO DEL ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 339.128:1999)

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

Trazabilidad : INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010
Solicitante : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
Exploración : MUESTRA 02 / SECTOR HUASCAHURA
Estrato/Nivel : MATERIAL GRANULAR

Región/Provinc : AYACUCHO / HUAMANGA
Distrito : AYACUCHO
Lugar : AYACUCHO
Fecha : NOVIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	-	-	-	100.00
2"	50.000	-	-	-	100.00
11/2"	37.500	51.29	1.21	1.21	98.79
1"	25.000	77.42	1.83	3.04	96.96
3/4"	19.000	117.76	2.78	5.82	94.18
3/8"	9.500	151.84	3.59	9.41	90.59
Nº 4	4.750	253.61	5.99	15.40	84.60
Nº 10	2.000	324.30	7.66	23.06	76.94
N°20	0.850	402.17	9.50	32.56	67.44
N° 40	0.425	453.61	10.72	43.28	56.72
N° 60	0.250	581.72	13.74	57.02	42.98
N° 140	0.106	136.28	3.22	60.24	39.76
N° 200	0.075	89.66	2.12	62.36	37.64
			-	62.36	
Lavado		1,593.1	37.64	100.00	
TOTAL		4232.8	100.0		

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ENSAYOS ESTÁNDAR

Peso seco inicial (gr)			4232.8
Peso seco lavado (gr)			2639.7
Pérdida por lavado (gr)			1593.1
% Grava			**15.4**
% Grava gruesa			5.8
% Grava fina			9.6
% Arena			**47.0**
% Arena gruesa			7.7
% Arena media			20.2
% Arena fina			19.1
% de Finos			**37.6**
$D_{10} = D_{e(mm)}$ =	-.-	Cu =	-.-
$D_{30(mm)}$ =	-.-	Cc =	-.-
$D_{60(mm)}$ =	0.525		

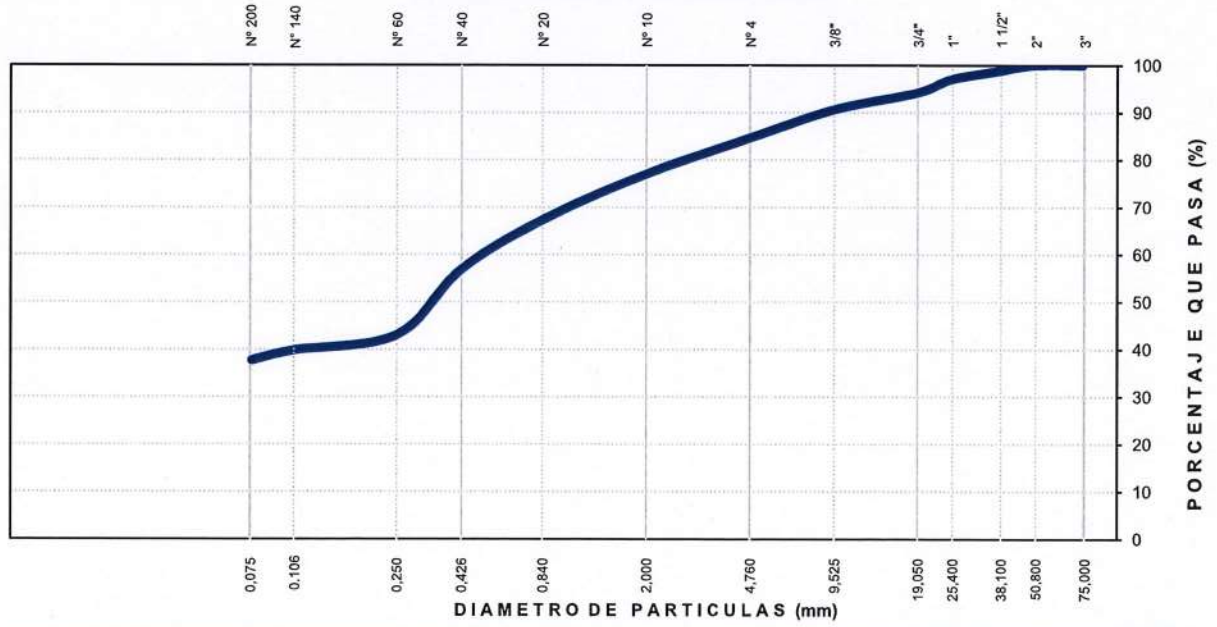
CLASIFICACIÓN

AASHTO	**A-4 (0)**
Clasificación SUCS	**SM**

MÉTODO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN-SUCS) NTP 339.134:1999

ARENA LIMOSA CON GRAVA

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS

Proyecto : **"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"**

Trazabilidad	**: INF. N° 001-2025/CG-CON-25-O-010**	Región/Prov.	**: AYACUCHO / HUAMANGA**
Solicitante	**: CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT**	Distrito	**: AYACUCHO**
Exploración	**: MUESTRA 02 / SECTOR HUASCAHURA**	Lugar	**: AYACUCHO**
Estrato/Nivel	**: MATERIAL GRANULAR**	Fecha	**: NOVIEMBRE DEL 2025**

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	52	58
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,640.92	1,583.42
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,548.13	1,494.92
PESO RECIPIENTE	gr	21.33	23.92
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	92.78	88.50
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	1,526.81	1,471.00
HUMEDAD	%	6.1%	6.0%
CONTENIDO DE HUMEDAD	**%**	**6.0%**	

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

ENSAYO DE SUCCIÓN EN UNIDADES DE ADOBE

(NTP 399.613)

INF. N° 002-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

DICIEMBRE DEL 2025

Jr. Quinua 570 Ayacucho - Telf. 962 835652 – Correo: casagrandecons22@gmail.com

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE SUCCIÓN
(NTP 399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 002-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	MASA DE MUESTRA SECA (gr)	MASA DE MUESTRA SATURADA (gr)	SUCCION (gr/min/200cm2)	PROMEDIO (gr/min/200cm2)
1	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.86	12.42	308.76	30	5,299.00	5,312.70	8.9	
2	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.91	12.69	316.11	30	5,308.20	5,321.40	8.4	**8.4**
3	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.84	12.82	318.45	30	5,299.30	5,312.20	8.1	
4	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.85	12.51	310.87	30	5,062.80	5,086.40	15.2	
5	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.76	12.58	311.48	30	5,076.40	5,099.90	15.1	**15.0**
6	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.93	12.74	317.61	30	5,081.20	5,104.80	14.9	
7	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.97	13.02	325.11	30	4,914.30	4,930.30	9.8	
8	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.93	12.95	322.84	30	4,887.60	4,902.50	9.2	**9.4**
9	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.96	12.98	323.98	30	4,901.40	4,916.20	9.1	

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE SUCCIÓN
(NTP 399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 002-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	MASA DE MUESTRA SECA (gr)	MASA DE MUESTRA SATURADA (gr)	SUCCION (gr/min/200cm2)	PROMEDIO (gr/min/200cm2)
10	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.61	12.65	311.32	30	4,822.20	4,831.90	6.2	6.3
11	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.57	12.54	308.11	30	4,802.60	4,812.30	6.3	
12	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.73	12.86	318.03	30	4,883.60	4,893.60	6.3	
13	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.40	12.58	306.95	30	4,596.30	4,631.70	23.1	22.6
14	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.30	12.68	308.12	30	4,619.70	4,654.40	22.5	
15	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.41	12.51	305.37	30	4,566.10	4,600.20	22.3	

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN UNIDADES DE ADOBE

(NTP 399.613)

INF. N° 003-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

DICIEMBRE DEL 2025

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE ABSORCIÓN (NTP 399.613)

PROYECTO : **"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"**

CÓDIGO : **INF. N° 003-2025/CG-CON-25-O-010**
SOLICITA : **CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT**
MUESTRA : **MEDIAS UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm**
FECHA : **DICIEMBRE DEL 2025**

REGIÓN : **AYACUCHO**
PROVINCIA : **HUAMANGA**
DISTRITO : **AYACUCHO**
LUGAR : **AYACUCHO**

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	EDAD (dias)	MASA DE MUESTRA SECA (gr)	MASA DE MUESTRA SATURADA (gr)	ABSORCION (%)	PROMEDIO (%)
1	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	30	5,284.70	5,710.90	8.06	
2	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	30	5,257.90	5,702.30	8.45	**8.2**
3	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	30	5,302.40	5,738.40	8.22	
4	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	30	5,133.60	4,437.20	-13.57	
5	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	30	5,054.10	4,337.90	-14.17	**-13.8**
6	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	30	5,055.30	4,365.20	-13.65	
7	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	30	4,952.70	5,532.40	11.70	
8	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	30	5,009.80	5,619.90	12.18	**11.8**
9	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	30	4,932.40	5,501.60	11.54	

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE ABSORCIÓN (NTP 399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 003-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : MEDIAS UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

Nº	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	EDAD (dias)	MASA DE MUESTRA SECA (gr)	MASA DE MUESTRA SATURADA (gr)	ABSORCION (%)	PROMEDIO (%)
10	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	30	4,729.30	4,823.60	1.99	2.1
11	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	30	4,887.70	4,996.60	2.23	
12	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	30	4,833.60	4,936.20	2.12	
13	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	30	4,689.20	3,856.10	-17.77	-17.7
14	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	30	4,681.10	3,844.80	-17.87	
15	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	30	4,687.90	3,868.30	-17.48	

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE SWINBURNE (SAET)

INF. N° 004-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

DICIEMBRE DEL 2025

Jr. Quinua 570 Ayacucho - Telf. 962 835652 – Correo: casagrandecons22@gmail.com

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE SWINBURNE (SAET)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 004-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	TIEMPO (min)	ALTURA DE CAIDA DE AGUA (cm)	PROFUNDIDAD DE LA OQUEDAD (mm)	PROMEDIO (mm)	CRITERIO DE ACEPTACION
1	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.80	12.52	310.50	30	10.00	100.00	15.6		
2	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.95	12.73	317.61	30	10.00	100.00	16.1	**15.8**	**NO APTO**
3	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.79	12.88	319.30	30	10.00	100.00	15.8		
4	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.88	12.55	312.24	30	10.00	100.00	25.0		
5	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.72	12.56	310.48	30	10.00	100.00	27.0	**24.3**	**NO APTO**
6	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.96	12.76	318.49	30	10.00	100.00	21.0		
7	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.82	13.01	322.91	30	10.00	100.00	17.0		
8	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.93	12.97	323.34	30	10.00	100.00	16.0	**17.3**	**NO APTO**
9	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.97	13.02	325.11	30	10.00	100.00	19.0		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE SWINBURNE (SAET)

PROYECTO : **"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"**

CÓDIGO : **INF. N° 004-2025/CG-CON-25-O-010**
SOLICITA : **CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT**
MUESTRA : **UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm**
FECHA : **DICIEMBRE DEL 2025**

REGIÓN : **AYACUCHO**
PROVINCIA : **HUAMANGA**
DISTRITO : **AYACUCHO**
LUGAR : **AYACUCHO**

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	TIEMPO (min)	ALTURA DE CAIDA DE AGUA (cm)	PROFUNDIDAD DE LA OQUEDAD (mm)	PROMEDIO (mm)	CRITERIO DE ACEPTACION
10	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.73	12.89	318.77	30	10.00	100.00	8.0		
11	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.55	12.74	312.77	30	10.00	100.00	10.0	**9.7**	**APTO**
12	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.66	12.96	319.59	30	10.00	100.00	11.0		
13	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.50	12.63	309.44	30	10.00	100.00	30.0		
14	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.45	12.61	308.31	30	10.00	100.00	33.0	**32.7**	**NO APTO**
15	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.53	12.53	307.36	30	10.00	100.00	35.0		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, PAVIMENTOS

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NTP 399.613)

INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

DICIEMBRE DEL 2025

Jr. Quinua 570 Ayacucho - Telf. 962 835652 – Correo: casagrandecons22@gmail.com

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

Nº	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
1	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.95	12.91	322.10	28	35.59	11.27	11.43	0.84
2	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.85	12.96	322.06	28	37.02	11.72		
3	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.96	12.95	323.23	28	32.04	10.11		
4	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	24.98	12.98	324.24	28	36.87	11.60		
5	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	24.96	12.92	322.48	28	35.41	11.20		
6	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	24.95	12.97	323.60	28	40.32	12.71		
7	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.97	12.96	323.61	28	27.49	8.66	8.97	0.73
8	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.95	12.94	322.85	28	27.71	8.75		
9	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.93	12.89	321.35	28	27.82	8.83		
10	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	24.86	12.98	322.68	28	31.94	10.09		
11	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	24.95	12.91	322.10	28	29.97	9.49		
12	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	24.89	12.88	320.58	28	25.10	7.98		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
13	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.68	12.64	311.96	28	38.28	12.51	12.64	0.58
14	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.73	12.74	315.06	28	37.63	12.18		
15	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.51	12.58	308.34	28	41.32	13.66		
16	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	24.81	12.47	309.38	28	39.05	12.87		
17	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	24.73	12.53	309.87	28	36.69	12.07		
18	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	24.75	12.58	311.36	28	38.31	12.55		
19	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.12	12.34	297.64	28	55.13	18.89	20.22	1.56
20	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.48	12.33	301.84	28	63.62	21.49		
21	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.23	12.21	295.85	28	54.41	18.75		
22	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	24.23	12.48	302.39	28	64.11	21.62		
23	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	24.17	12.13	293.18	28	62.69	21.80		
24	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	24.32	12.49	303.76	28	55.93	18.78		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
25	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	24.96	12.86	320.99	28	25.18	8.00	7.68	0.50
26	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	24.89	12.91	321.33	28	21.48	6.82		
27	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	24.87	12.89	320.57	28	24.20	7.70		
28	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	24.85	12.84	319.07	28	23.12	7.39		
29	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	24.97	12.93	322.86	28	25.83	8.16		
30	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	24.86	12.97	322.43	28	25.27	7.99		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

Nº	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
1	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.73	9.67	94.09	7	7.49	8.12	8.46	1.72
2	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	10.00	9.82	98.20	7	5.92	6.15		
3	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.95	9.91	98.60	7	7.91	8.18		
4	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.84	10.20	100.37	7	8.55	8.69		
5	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.70	9.71	94.19	7	10.60	11.48		
6	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.75	9.77	95.26	7	7.59	8.12		
7	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.85	9.79	96.43	7	8.71	9.21	8.08	1.32
8	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.92	9.84	97.61	7	7.33	7.66		
9	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.78	9.69	94.77	7	9.16	9.86		
10	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.82	9.79	96.14	7	7.43	7.88		
11	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.91	9.89	98.01	7	7.52	7.82		
12	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.88	9.96	98.40	7	5.86	6.07		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
13	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.78	9.76	95.45	7	10.57	11.29	10.61	1.73
14	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.85	9.82	96.73	7	8.61	9.08		
15	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.87	9.85	97.22	7	10.50	11.01		
16	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.79	9.77	95.65	7	9.64	10.28		
17	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.82	9.83	96.53	7	12.71	13.43		
18	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.77	9.74	95.16	7	8.03	8.60		
19	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.81	9.79	96.04	7	12.45	13.22	11.92	1.02
20	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.91	9.84	97.51	7	11.94	12.49		
21	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.77	9.78	95.55	7	10.63	11.34		
22	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.83	9.81	96.43	7	9.92	10.49		
23	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.85	9.84	96.92	7	12.01	12.64		
24	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.79	9.81	96.04	7	10.69	11.35		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
25	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.91	9.89	98.01	7	6.53	6.79	6.69	0.35
26	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.87	9.86	97.32	7	5.70	5.97		
27	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.74	9.78	95.26	7	6.37	6.82		
28	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.82	9.81	96.33	7	6.47	6.85		
29	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.75	9.78	95.36	7	6.31	6.75		
30	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.81	9.79	96.04	7	6.53	6.93		
31	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.89	9.63	95.24	14	9.64	10.32	9.15	0.95
32	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.90	9.87	97.71	14	8.06	8.41		
33	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.98	10.03	100.10	14	9.01	9.18		
34	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.97	10.01	99.80	14	7.97	8.14		
35	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	10.02	9.98	100.00	14	8.44	8.61		
36	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	10.02	10.01	100.30	14	10.10	10.27		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
37	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.90	10.01	99.10	14	4.66	4.80	5.02	0.71
38	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	10.01	9.99	100.00	14	5.52	5.63		
39	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.99	9.97	99.60	14	5.68	5.82		
40	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	10.01	10.03	100.40	14	4.72	4.79		
41	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	10.02	10.01	100.30	14	5.13	5.22		
42	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.98	9.99	99.70	14	3.76	3.85		
43	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.98	10.01	99.90	14	10.75	10.97	11.26	1.38
44	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.99	9.99	99.80	14	9.54	9.75		
45	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.99	9.98	99.70	14	10.77	11.02		
46	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	10.01	9.99	100.00	14	12.87	13.12		
47	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	10.01	10.02	100.30	14	9.85	10.01		
48	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	10.02	10.01	100.30	14	12.48	12.69		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
49	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.99	10.01	100.00	14	24.29	24.77	20.82	2.01
50	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	10.01	10.05	100.60	14	19.06	19.32		
51	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	10.02	10.01	100.30	14	19.64	19.97		
52	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.96	9.98	99.40	14	19.12	19.61		
53	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.95	9.99	99.40	14	19.83	20.34		
54	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.99	9.97	99.60	14	20.44	20.93		
55	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.98	9.99	99.70	14	4.63	4.74	4.73	0.40
56	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.99	9.98	99.70	14	4.41	4.51		
57	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	10.01	9.98	99.90	14	5.35	5.46		
58	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	10.02	10.01	100.30	14	4.32	4.39		
59	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	10.01	10.02	100.30	14	4.38	4.45		
60	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.99	10.01	100.00	14	4.75	4.84		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
61	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.91	9.88	97.91	28	10.39	10.82	11.16	0.43
62	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.98	9.96	99.40	28	10.53	10.80		
63	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.91	9.94	98.51	28	11.43	11.83		
64	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	10.20	9.92	101.18	28	10.69	10.77		
65	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.95	9.84	97.91	28	10.95	11.40		
66	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.79	9.91	97.02	28	10.79	11.34		
67	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.95	9.88	98.31	28	4.13	4.28	4.90	0.40
68	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.99	9.97	99.60	28	5.05	5.17		
69	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.93	9.97	99.00	28	4.56	4.70		
70	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.72	9.61	93.41	28	4.36	4.76		
71	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.95	9.98	99.30	28	5.24	5.38		
72	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.96	9.87	98.31	28	4.95	5.13		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN INGENIERIA DE CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
73	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.98	9.95	99.30	28	11.32	11.62	12.04	1.13
74	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.95	9.87	98.21	28	11.08	11.50		
75	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.99	9.93	99.20	28	13.90	14.29		
76	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.99	9.87	98.60	28	11.56	11.95		
77	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.97	9.93	99.00	28	10.89	11.22		
78	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	10.01	9.94	99.50	28	11.37	11.65		
79	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	10.05	9.98	100.30	28	22.74	23.12	24.18	1.48
80	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.99	10.01	100.00	28	21.33	21.75		
81	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	10.03	9.99	100.20	28	24.75	25.19		
82	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.99	10.01	100.00	28	23.86	24.33		
83	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.99	9.97	99.60	28	24.50	25.08		
84	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	10.02	10.02	100.40	28	25.24	25.63		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (R.N.E. E.080)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 005-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 10x10x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	AREA ESPECIM. (cm2)	EDAD (dias)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
85	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.64	9.65	93.03	28	5.17	5.67	3.94	1.00
86	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.52	9.64	91.77	28	2.78	3.09		
87	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.51	9.48	90.15	28	2.84	3.21		
88	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.62	9.41	90.52	28	3.34	3.76		
89	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.56	9.68	92.54	28	4.13	4.55		
90	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.42	9.79	92.22	28	3.04	3.36		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN ASFALTO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

(NTP. 399.613)

INF. N° 006-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

DICIEMBRE DEL 2025

Jr. Quinua 570 Ayacucho - Telf. 962 835652 – Correo: casagrandecons22@gmail.com

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP.399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 006-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	ESPESOR ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	EDAD (dias)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DISTANCIA DESDE CENTRO HASTA PLANO DE FALLA (cm)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A FLEXION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
1	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.86	24.86	28	18	1.5	4.27	4.05	4.21	0.42
2	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.79	24.68	28	18	1.8	4.92	4.58		
3	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.95	24.66	28	18	1.3	3.56	3.43		
4	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.84	24.71	28	18	1.6	4.78	4.52		
5	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.70	24.69	28	18	1.5	4.38	4.33		
6	ADOBE CON 0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.75	24.72	28	18	1.4	4.37	4.32		
7	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.84	24.83	28	18	1.6	3.90	3.67	3.83	0.58
8	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.75	24.74	28	18	1.4	3.15	3.11		
9	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.88	24.89	28	18	1.3	4.05	3.93		
10	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.87	24.71	28	18	1.4	3.50	3.38		
11	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.89	24.90	28	18	1.5	5.05	4.76		
12	ADOBE CON 2.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.78	24.72	28	18	1.6	4.30	4.12		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP.399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 006-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	ESPESOR ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	EDAD (dias)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DISTANCIA DESDE CENTRO HASTA PLANO DE FALLA (cm)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A FLEXION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
13	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.81	24.83	28	18	1.5	4.10	3.94	4.40	1.33
14	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.91	24.88	28	18	1.9	7.22	6.42		
15	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.84	24.66	28	18	1.5	5.85	5.62		
16	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.87	24.77	28	18	1.4	3.03	2.92		
17	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.76	24.87	28	18	1.5	3.80	3.68		
18	ADOBE CON 5.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.82	24.72	28	18	1.3	3.90	3.85		
19	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.75	24.82	28	18	1.4	5.16	5.08	5.31	0.54
20	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.71	24.61	28	18	1.5	5.06	5.00		
21	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.89	24.91	28	18	1.3	5.63	5.44		
22	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.84	24.71	28	18	1.6	5.23	4.95		
23	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.91	24.86	28	18	1.7	6.95	6.36		
24	ADOBE CON 7.5% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.79	24.73	28	18	1.4	5.13	5.03		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP.399.613)

PROYECTO : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

CÓDIGO : INF. N° 006-2025/CG-CON-25-O-010
SOLICITA : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT
MUESTRA : UNIDADES DE ADOBE DE 25x13x10cm
FECHA : DICIEMBRE DEL 2025

REGIÓN : AYACUCHO
PROVINCIA : HUAMANGA
DISTRITO : AYACUCHO
LUGAR : AYACUCHO

N°	DESCRIPCION DE LA UNIDAD	ESPESOR ESPECIM. (cm)	ANCHO ESPECIM. (cm)	EDAD (dias)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DISTANCIA DESDE CENTRO HASTA PLANO DE FALLA (cm)	FUERZA (Kn)	RESISTENCIA A FLEXION (Kg/cm2)	PROMEDIO (Kg/cm2)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Kg/cm2)
25	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-1	9.88	24.86	28	18	1.5	3.50	3.31	3.22	0.14
26	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-2	9.76	24.77	28	18	1.3	3.13	3.12		
27	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-3	9.85	24.87	28	18	1.3	3.25	3.17		
28	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-4	9.79	24.91	28	18	1.6	3.41	3.23		
29	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-5	9.72	24.69	28	18	1.4	3.04	3.03		
30	ADOBE CON 10.0% DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ / M-6	9.87	24.89	28	18	1.4	3.58	3.43		

NOTA : Las unidades de adobe fueron elaboradas, curadas y transportadas por el solicitante.

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

ANÁLISIS QUÍMICO DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ

INF. N° 007-2025/CG-CON-25-O-010

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

SOLICITANTE:

CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

FECHA:

NOVIEMBRE DEL 2025

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Ayacucho

Proyecto : "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOBE, CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES, AYACUCHO, 2025"

Solicitante : CERRON ATACHAO, JOHAN GREIT

Código : INF. N° 007-2025/CG-CON-25-O-010

Fecha : Noviembre del 2025

Muestra : Ceniza de Tallo de maíz

ANALISIS QUIMICO DE CENIZA DE TALLO DE MAIZ

FORMULA	COMPONENTE QUÍMICO	RESULTADO (%)
SiO_2	Oxido de Silicio(IV)	68.9%
AL_2O_3	Oxido de Aluminio(III)	0.64%
Fe_2O_3	Oxido de fierro(III)	0.49%
CaO	Oxido de calcio	3.74%
Otros	-	26.23%

Nota: Los resultados se expresan en porcentaje en masa (%).

Resultados complementarios:

- Peso específico:1.42 gr/cm3
- Contenido de humedad: 0.56%

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731

ANEXO 01

PANEL FOTOGRAFICO

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ANEXO 1.1

ENSAYO DE SUCCIÓN EN UNIDADES DE ADOBE

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Figura 01: *Peso de muestra saturada M-3 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

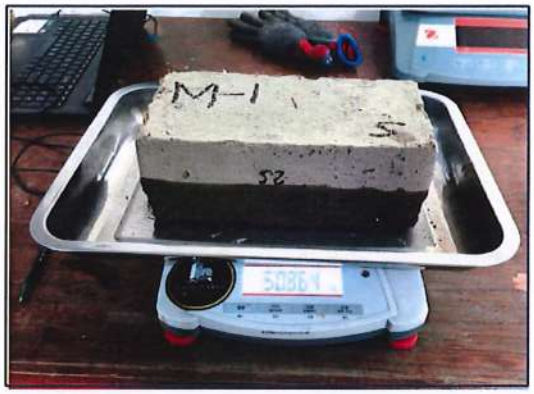


Figura 02: *Peso de muestra saturada M-1 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 03: *Peso de muestra saturada M-1 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

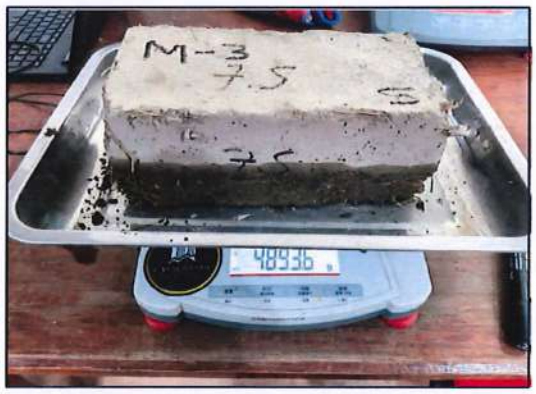


Figura 04: *Peso de muestra saturada M-3 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 05: *Peso de muestra saturada M-2 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 06: *Peso de muestra saturada M-3 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CASAGRANDE
GEOTECNIA Y CONCRETO

ANEXO 1.2

ENSAYO DE ABSORCIÓN EN UNIDADES DE ADOBRE

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

Figura 07: *Peso de muestra saturada M-2 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 08: *Peso de muestra saturada M-2 con 5% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 09*: Peso de muestra saturada M-1 con 7.5% DE ceniza de tallo de maíz.*

Figura 10: *Peso de muestra saturada M-1 con 10% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 11: *Muestras con 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de ceniza de tallo de maíz.*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANEXO 1.3

ENSAYO DE EROSIÓN ACELERADA DE SWINBURNE (SAET)

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

Figura 12: *Oquedad de la muestra M-1 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 13: *Oquedad de la muestra M-2 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 14*: Oquedad de la muestra M-2 con 5% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 15: *Oquedad de la muestra M-2 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz.*

Figura 16: *Oquedad de la muestra M-3 con 10% de ceniza de tallo de maíz.*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANEXO 1.4

ENSAYO A COMPRESION

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 7 DÍAS)

Figura 17: *Lectura de la muestra M-1 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 18*: Lectura de la muestra M-2 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 19*: Lectura de la muestra M-4 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 20*: Lectura de la muestra M-6 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 7 DÍAS)

***Figura 21**: Lectura de la muestra M-1 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 22**: Lectura de la muestra M-2 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 23**: Lectura de la muestra M-4 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 24**: Lectura de la muestra M-6 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 7 DÍAS)

***Figura 25**: Lectura de la muestra M-1 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 26**: Lectura de la muestra M-4 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 27**: Lectura de la muestra M-1 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 28**: Lectura de la muestra M-2 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 7 DÍAS)

***Figura 29**: Lectura de la muestra M-3 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 30**: Lectura de la muestra M-5 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 31**: Lectura de la muestra M-1 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 32**: Lectura de la muestra M-3 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 14 DÍAS)

***Figura 33**: Lectura de la muestra M-1 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 34**: Lectura de la muestra M-2 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 35**: Lectura de la muestra M-4 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 36**: Lectura de la muestra M-6 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 14 DÍAS)

***Figura 37**: Lectura de la muestra M-1 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 38**: Lectura de la muestra M-2 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 39**: Lectura de la muestra M-4 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 40**: Lectura de la muestra M-6 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 14 DÍAS)

***Figura 41**: Lectura de la muestra M-1 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 42**: Lectura de la muestra M-4 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 43**: Lectura de la muestra M-1 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 44**: Lectura de la muestra M-2 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 14 DÍAS)

***Figura 45**: Lectura de la muestra M-3 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 46**: Lectura de la muestra M-5 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 47**: Lectura de la muestra M-1 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 48**: Lectura de la muestra M-3 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 49**: Lectura de la muestra M-2 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 50**: Lectura de la muestra M-3 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 51**: Lectura de la muestra M-4 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 52**: Lectura de la muestra M-6 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 53**: Lectura de la muestra M-1 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 54**: Lectura de la muestra M-2 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 55**: Lectura de la muestra M-4 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 56**: Lectura de la muestra M-6 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 57**: Lectura de la muestra M-2 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 58**: Lectura de la muestra M-4 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 59**: Lectura de la muestra M-1 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 60**: Lectura de la muestra M-2 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 10x10x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 61**: Lectura de la muestra M-3 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 62**: Lectura de la muestra M-5 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 63**: Lectura de la muestra M-1 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 25x13x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 64**: Lectura de la muestra M-2 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 65**: Lectura de la muestra M-4 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 66**: Lectura de la muestra M-2 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 67**: Lectura de la muestra M-6 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 25x13x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 68**: Lectura de la muestra M-2 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 69**: Lectura de la muestra M-4 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 70**: Lectura de la muestra M-1 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 71**: Lectura de la muestra M-2 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 25x13x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

Figura 72: *Lectura de la muestra M-3 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 73: *Lectura de la muestra M-5 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 74: *Lectura de la muestra M-1 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MUESTRA: 25x13x10cm (ENSAYO A LOS 28 DÍAS)

***Figura 75**: Lectura de la muestra M-5 con 2.5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 76**: Lectura de la muestra M-4 con 0% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 77**: Lectura de la muestra M-6 con 5% de ceniza de tallo de maíz*

***Figura 78**: Lectura de la muestra M-5 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

MUESTRA: 25x13x10cm (ENSAYO A LOS 25 DÍAS)

Figura 79: *Lectura de la muestra M-6 con 7.5% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 80: *Lectura de la muestra M-5 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

Figura 81: *Lectura de la muestra M-5 con 10% de ceniza de tallo de maíz*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ANEXO 02

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 259731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-00949-010 R0

Equipo *Instrument*	MÁQUINA PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS
Fabricante / Año *Manufacturer / Year*	PINZUAR (2024)
Modelo *Model*	PC-42-D
Número de Serie *Serial Number*	312
Identificación Interna *Internal Identification*	PC-001
Capacidad Máxima *Maximum Capacity*	200 kN
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025 – 06 – 13
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025 – 06 – 24
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos *Number of pages of the certificate and documents attached*	04

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Br. Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 kN
Apreciación	0,1 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.
Indicaciones registardas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio	Errores Relativos	
		S_1	S_2	S_3	$S_{1,2\,y\,3}$	Indicación	Repetibilidad
		Ascendente	Ascendente	Ascendente		*q*	*b*
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	40,0	49,780 2	50,472 7	50,957 9	50,403 62	-20,63	1,857
100,0	200,0	186,184	188,154	186,666	187,001 4	6,95	1,125

Tabla 2.
Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio
		S_1	S_2	S_2'	S_3	S_4	$S_{1,2\,y\,3}$
		Ascendente	Ascedente	No Aplica	Ascendente	No Aplica	
≈ %	kN	kN	kN	----	kN	----	kN
20,0	40,0	40,151 7	40,313 6	----	40,414 8	----	40,293 40
30,0	60,0	60,062 4	60,481 6	----	60,456 3	----	60,333 45
40,0	80,0	79,941 9	80,214 3	----	80,466 4	----	80,207 56
50,0	100,0	99,790 6	100,370	----	100,446	----	100,202 0
60,0	120,0	119,876	120,510	----	120,409	----	120,264 8
70,0	140,0	140,000	140,800	----	140,609	----	140,469 8
80,0	160,0	160,281	160,995	----	160,910	----	160,728 7
90,0	180,0	180,095	180,950	----	181,221	----	180,755 4
97,5	195,0	195,405	196,365	----	195,898	----	195,889 2

Tabla 3.
Error realitivo de cero, f_0, calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,S1}$	$f_{0,S2}$	$f_{0,S2'}$	$f_{0,S3}$	$f_{0,S4}$
%	%	%	%	%
0,000	0,000	----	0,000	----

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 286731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.
Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p\approx 95\,\%}$
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad				
		q	*b*	*v*	*a*	*U*		
≈ %	kN	%	%	%	%	kN	%	-----
20,0	**40,0**	-0,73	0,648	-----	0,250	0,26	0,64	2,37
30,0	**60,0**	-0,55	0,692	-----	0,167	0,51	0,85	3,31
40,0	**80,0**	-0,26	0,652	-----	0,125	0,56	0,70	3,31
50,0	**100,0**	-0,2	0,653	-----	0,100	1,0	1,0	4,52
60,0	**120,0**	-0,22	0,527	-----	0,083	0,97	0,81	4,52
70,0	**140,0**	-0,33	0,568	-----	0,071	1,2	0,83	4,52
80,0	**160,0**	-0,45	0,443	-----	0,063	1,1	0,68	4,52
90,0	**180,0**	-0,42	0,621	-----	0,056	1,6	0,88	4,52
97,5	**195,0**	-0,45	0,488	-----	0,051	1,3	0,68	4,52

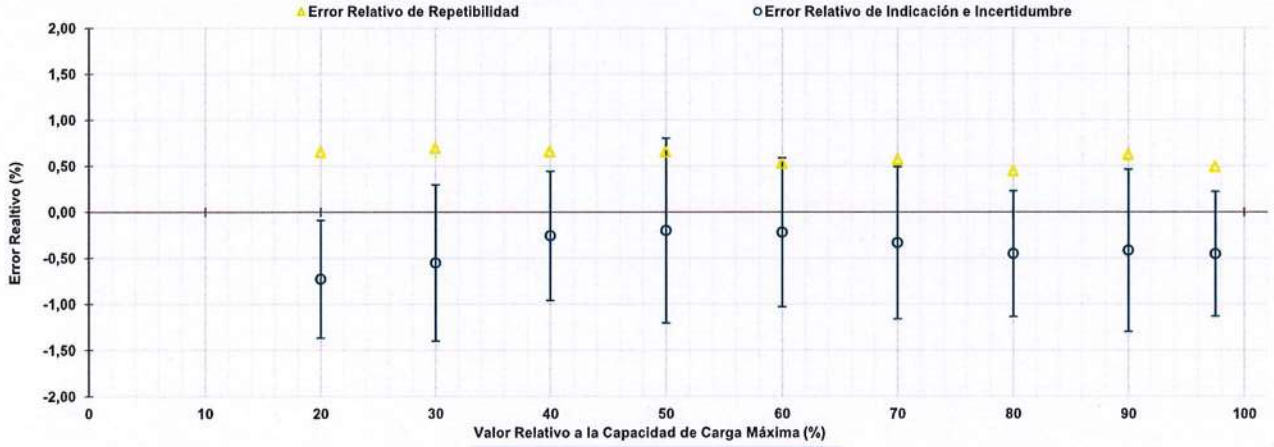


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.
Coeficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
9,054 072 E-01	9,798 146 E-01	1,693 564 E-04	-3,381 898 E-07

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones .

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C. ubicada en AYACUCHO. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	22,9 °C	**Temperatura Ambiente Mínima:**	22,3 °C
Humedad Relativa Máxima:	43 % hr	**Humedad Relativa Mínima:**	40 % hr

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA,CONCRETO Y PAVIMENTOS

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, *k*, reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.

Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 200 kN	C8S	930040	0.5	6754 del INM de Colombia	2025-08

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
4. Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-00949-010**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R15.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA,CONCRETO Y PAVIMENTOS

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-00949-011 R0

Equipo *Instrument*	MÁQUINA PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS
Fabricante / Año *Manufacturer / Year*	PINZUAR (2024)
Modelo *Model*	C020505//NO PRESENTA//PC-42-D
Número de Serie *Serial Number*	329 // NO PRESENTA // 312
Identificación Interna *Internal Identification*	PC-002
Capacidad Máxima *Maximum Capacity*	1000 kN
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025 – 06 – 12
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025 – 06 – 24
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos *Number of pages of the certificate and documents attached*	04

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

Br. Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,01 kN
Apreciación	0,01 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	2 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método comparación directa con fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.
Indicaciones registardas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio	Errores Relativos	
		S_1 Ascendente	S_2 Ascendente	S_3 Ascendente	$S_{1,2\,y\,3}$	Indicación q	Repetibilidad b
≈ %	kN	kN	kN	kN	kN	%	%
20,0	200,00	201,770	203,111	203,202	202,694 2	-1,33	0,699
90,0	900,00	880,794	882,540	883,381	882,238 6	2,01	0,299

Tabla 2.
Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio
		S_1 Ascendente	S_2 Ascedente	S_2' No Aplica	S_3 Ascendente	S_4 No Aplica	$S_{1,2\,y\,3}$
≈ %	kN	kN	kN	----	kN	----	kN
20,0	200,00	199,062	198,438	----	198,504	----	198,667 9
30,0	300,00	299,274	298,978	----	298,255	----	298,835 9
40,0	400,00	398,749	398,422	----	398,187	----	398,452 6
50,0	500,00	499,154	498,477	----	498,813	----	498,814 5
60,0	600,00	598,442	598,272	----	598,843	----	598,519 0
70,0	700,00	698,813	698,683	----	698,873	----	698,789 4
80,0	800,00	799,636	799,241	----	799,121	----	799,332 8
90,0	900,00	899,715	899,495	----	899,936	----	899,715 4
100,0	1000,00	999,224	999,164	----	999,349	----	999,246 1

Tabla 3.
Error realitivo de cero, f_0, calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	----	0,000	----

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.
Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p\approx 95\,\%}$
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad				
		q	*b*	*v*	*a*	*U*		
≈ %	kN	%	%	%	%	kN	%	-----
20,0	**200,00**	0,67	0,315	-----	0,005	0,76	0,38	3,31
30,0	**300,00**	0,39	0,343	-----	0,003	1,5	0,50	4,52
40,0	**400,00**	0,39	0,142	-----	0,003	0,56	0,14	2,37
50,0	**500,00**	0,24	0,136	-----	0,002	0,66	0,13	2,37
60,0	**600,00**	0,25	0,096	-----	0,002	0,63	0,11	2,16
70,0	**700,00**	0,173	0,027	-----	0,001	0,57	0,081	2,01
80,0	**800,00**	0,083	0,065	-----	0,001	0,73	0,091	2,05
90,0	**900,00**	0,032	0,049	-----	0,001	0,75	0,084	2,02
100,0	**1000,00**	0,075	0,019	-----	0,001	0,76	0,076	2,01

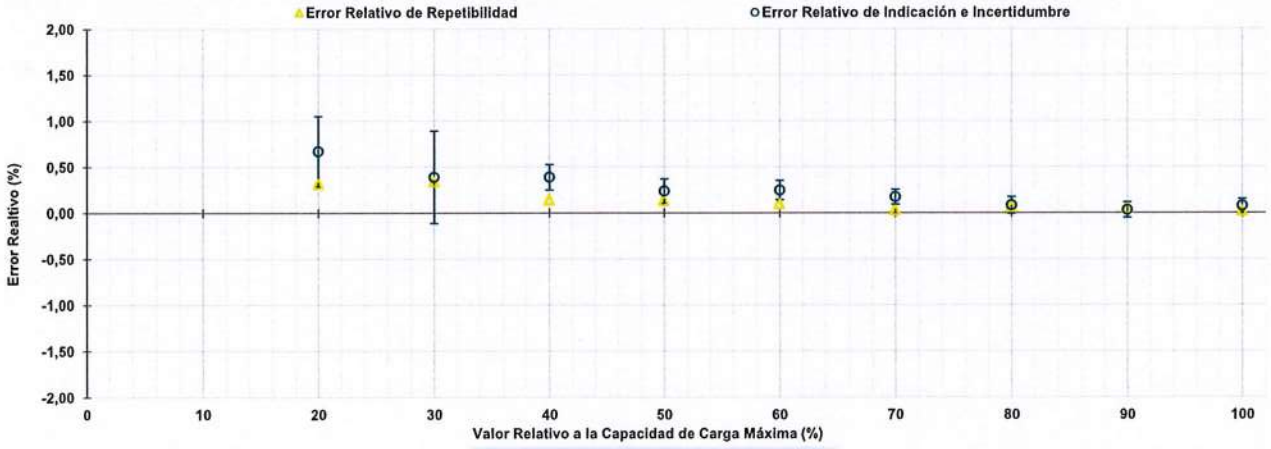


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.
Coeficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * x) + (C * x^2) + (D * x^3)$$

A	B	C	D
1,554 062 E-02	9,910 656 E-01	1,617 128 E-05	-7,810 345 E-09

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de los aportes de la fuente de incertidumbre al utilizar esta ecuación en sus mediciones .

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C. ubicada en AYACUCHO. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	22,2 °C	**Temperatura Ambiente Mínima:**	21,9 °C
Humedad Relativa Máxima:	45 % hr	**Humedad Relativa Mínima:**	44 % hr

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de medición declarada se expresa como la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a aproximadamente el 95%. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, *k*, reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificados de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.

Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 1000 kN	C8S	930040	0.5	6753 del INM de Colombia	2025-08

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error realtivo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
4. Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-00949-011**

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R15.0

CASAGRANDE CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N°LC - 079

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud

L-00975-001 R0

Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Equipo *Instrument*	PIE DE REY
Fabricante *Manufacturer*	INSIZE
Modelo *Model*	1205-300S
Número de Serie *Serial Number*	1709210522
Identificación Interna *Internal Identification*	VRN-001
Intervalo de Medición *Measurement Range*	0 mm a 300 mm
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025 – 09 – 26
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025 – 10 – 02
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos *Number of pages of the certificate and documents attached*	03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan Certificado ***(Certificado firmado digitalmente)***

Signatures Authorizing the Certificate (Digitally signed certificate)

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Felix Amadeo Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Certificado firmado digitalmente.

LM-PC-23-F-01 R13.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS TÉCNICOS

Tipo de Medición	Exteriores, Interiores y Profundidad
Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	Procedimiento DI-008 Calibración de Calibres; Pie de rey del Centro Español de Metrología. Edición digital 1. Rev.2, 2024
Tipo de Indicación	Analógica Tipo Nonio
Resolución	0,05 mm

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores

Longitud Nominal	Promedio Indicación	Error	U	k (p≈95 %)
0 mm a..	mm	µm	µm	
30	30,000	0	45	2,09
60	60,000	0	45	2,09
90	90,000	0	46	2,09
120	120,000	0	46	2,09
150	150,100	100	46	2,09
180	180,090	90	45	2,08
210	210,100	100	46	2,08
240	240,100	100	46	2,08
270	270,100	100	46	2,08
300	300,060	60	46	2,08

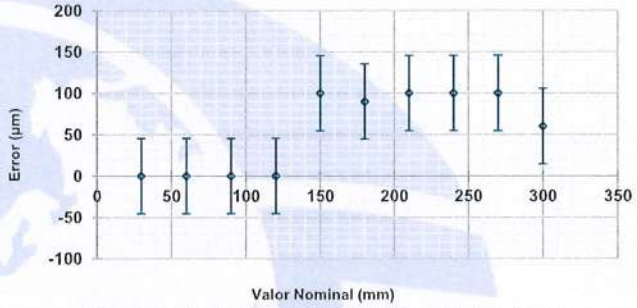


Figura 1. Error vs. Longitud Nominal para la medición de exteriores

Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores

Longitud Nominal	Promedio Indicación	Error	U	k (p≈95 %)
0 mm a...	mm	µm	± µm	
90	90,000	0	29	2,01
180	180,000	0	29	2,01

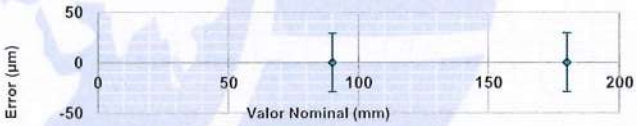


Figura 2. Error vs. Longitud Nominal para la medición de interiores.

Tabla 3. Resultados para Medición de Profundidad

Longitud Nominal	Promedio Indicación	Error	U	k (p ≈ 95 %)
0 mm a...	mm	µm	± µm	
90	90,067	67	29	2,01
180	180,000	0	29	2,01

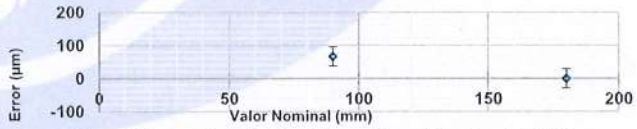


Figura 3. Error vs. Longitud Nominal para la medición de profundidad

LM-PC-23-F-01 R13.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA,CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar, las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,9 °C	**Humedad Relativa Máxima:**	54 %
Temperatura Mínima:	19,5 °C	**Humedad Relativa Mínima:**	53 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura, k, y la probabilidad de cobertura, la cual es aproximada al 95%. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

Los resultados reportados en este certificado se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión que se mencionan a continuación, se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo	Fabricante	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas	INSIZE	LLA-C-004-2024 de INACAL-DM	2024-01-19
Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas	INSIZE	LML-0013-25 de E.C.I. S.A.	2024-12-27

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Tanto el intervalo como los valores de longitud para la ejecución de la calibración reportados en el presente certificado fueron acordados con el
3. Se adjunta la etiqueta de calibración No. **L-00975-001**

Fin de Certificado

LM-PC-23-F-01 R13.0

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-00949-001 R0

Equipo *Instrument*	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante *Manufacturer*	OHAUS
Modelo *Model*	NV622ZH
Número de serie *Serial Number*	834768632
Identificación interna *Internal Identification*	BLZ-001
Carga máxima *Maximum load*	620 g
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de calibración *Date of calibration*	2025 – 06 – 11
Fecha de emisión *Date of issue*	2025 – 06 – 24
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos *Number of pages of the certificate and documents attached*	04

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que autorizan el certificado

Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731

DATOS TÉCNICOS

Método empleado	Comparación Directa
Número de serie	834768632
Identificación interna	BLZ-001
Resolución	0,01 g
Intervalo calibrado	1 g a 620 g
Documento de referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación ascendente g	Indicación descendente g	Error ascendente g	Error descendente g	Incertidumbre expandida ± g	k^{1}, p=95,45% -----
1,000	1,00	1,00	0,000	0,000	0,011	2,04
2,000	1,99	2,00	- 0,010	0,000	0,011	2,04
5,000	4,99	5,00	- 0,010	0,000	0,011	2,04
10,000	9,99	10,00	- 0,010	0,000	0,011	2,04
20,000	20,00	20,00	0,000	0,000	0,012	2,04
50,000	50,00	50,00	0,000	0,000	0,029	2,03
100,000	100,00	99,99	0,000	- 0,010	0,059	2,02
150,000	150,00	150,00	0,000	0,000	0,089	2,01
200,00	199,99	200,00	- 0,01	0,00	0,12	2,01
500,00	499,99	500,00	- 0,01	0,00	0,30	1,65
620,00	620,00	620,00	0,00	0,00	0,37	1,65

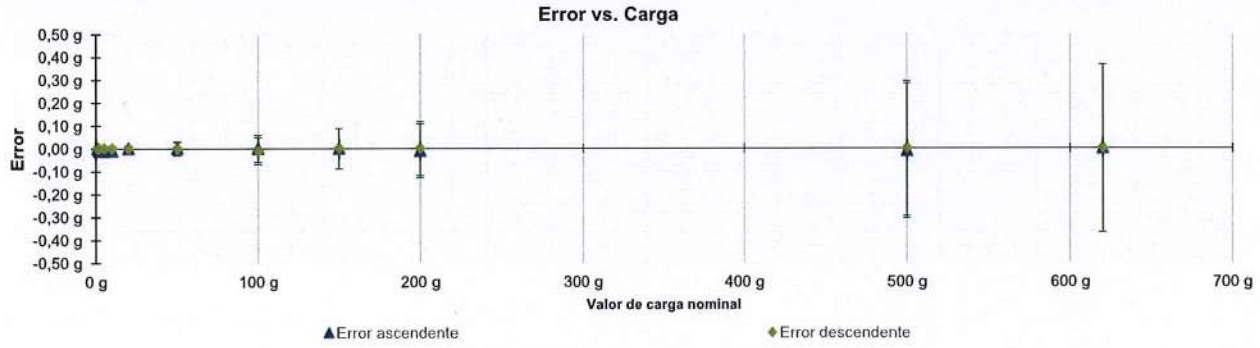


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

[1] *Factor de cobertura*

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN *(Continuación)*

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor nominal de la carga	210 g

Posición	Indicación del instrumento	Diferencia respecto al centro
-----	g	g
1	209,99	-------
2	210,02	0,03
3	210,01	0,02
4	209,98	-0,01
5	209,99	0,00
Diferencia máxima respecto al centro		**0,03**

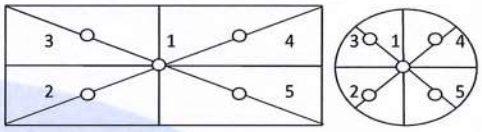


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

	Valor nominal de las cargas	
	310 g	620 g
Cantidad de repeticiones	Indicación del instrumento	
1	310,00	620,00
2	310,00	619,99
3	310,00	619,99
4	309,99	619,99
5	310,00	619,99
6	310,00	619,99
7	310,00	619,99
8	310,00	619,99
9	310,00	619,99
10	310,00	619,99
Desviación estándar	0,003 2 g	0,003 2 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue LABORATORIO, CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C..; JR. LA QUINUA 570. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura máxima:	24,1 °C	Temperatura mínima:	23,6 °C
Humedad máxima:	51 % HR	Humedad mínima:	45 % HR
Presión barométrica máxima:	738,1 hPa	Presión barométrica mínima:	738,1 hPa

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura,la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura *R*, y también obtener su incertidumbre expandida U_R

La ecuación para la corrección de la lectura, donde *R* es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$R_{corregida} = R - E_{aprox}$ $\quad E_{aprox} =$ *-1,79 E-05 · R*

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$u^2(W) =$ *2,67 E-05* + *1,03 E-05* R^2

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$U_R = k \cdot u(W)$

Se puede tomar el valor k = 2, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

El/Los certificado(s) reportados(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31695-001 Pinzuar / 0773-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-26 2024-06-11

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
6. Se adjunta la estampilla de calibración **No.** **M-00949-001**

Fin del certificado

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 205731

PINZUAR
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No LC-079

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración Acreditado
Registro N°LC - 079

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

M-00949-002 R0

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

Equipo *Instrument*	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante *Manufacturer*	OHAUS
Modelo *Model*	NVT6201ZH
Número de serie *Serial Number*	8342186583
Identificación interna *Internal Identification*	BLZ-002
Carga máxima *Maximum load*	6200 g
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de calibración *Date of calibration*	2025 – 06 – 11
Fecha de emisión *Date of issue*	2025 – 06 – 24
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos *Number of pages of the certificate and documents attached*	04

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que autorizan el certificado
Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 289731

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Fuerza · Longitud · Masa · Temperatura
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao (+51 1) 562 1263 · www.pinzuar.com.co

DATOS TÉCNICOS

Método empleado	Comparación Directa
Número de serie	8342186583
Identificación interna	BLZ-002
Resolución	0,1 g
Intervalo calibrado	1 g a 6200 g
Documento de referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación ascendente g	Indicación descendente g	Error ascendente g	Error descendente g	Incertidumbre expandida ± g	k^{1}, p=95,45% -----
1,00	1,0	1,1	0,00	0,10	0,14	2,12
2,00	2,0	2,1	0,00	0,10	0,14	2,12
20,00	20,0	20,0	0,00	0,00	0,14	2,12
50,00	50,0	50,1	0,00	0,10	0,14	2,12
100,00	100,0	100,0	0,00	0,00	0,14	2,11
200,00	200,0	200,0	0,00	0,00	0,14	2,11
500,00	500,0	500,0	0,00	0,00	0,30	2,10
1 000,00	1 000,0	1 000,0	0,00	0,00	0,59	2,06
2 000,0	2 000,0	2 000,0	0,0	0,0	1,2	2,02
5 000,0	5 000,0	5 000,0	0,0	0,0	2,9	2,01
6 200,0	6 200,0	6 200,0	0,0	0,0	3,7	1,65

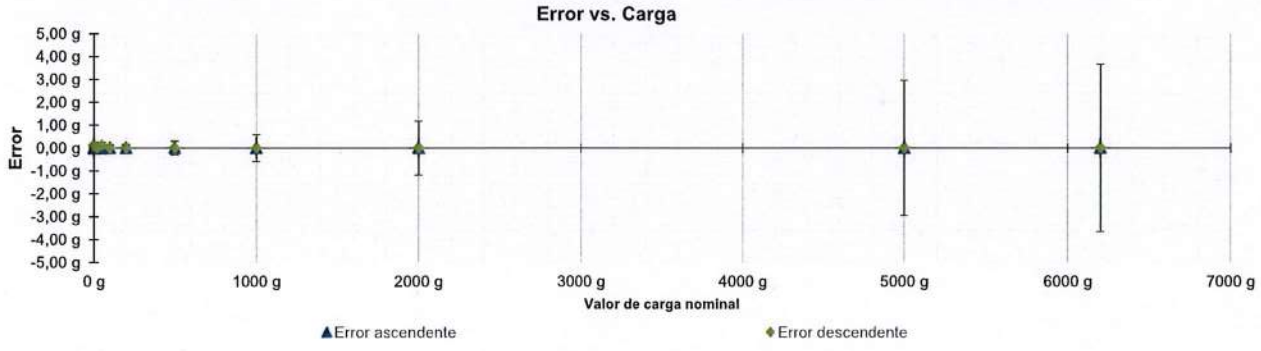


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

[1] *Factor de cobertura*

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 286781
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN *(Continuación)*

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor nominal de la carga	2100 g

Posición	Indicación del instrumento	Diferencia respecto al centro
-----	g	g
1	2 100,1	-------
2	2 100,1	0,0
3	2 099,9	- 0,2
4	2 099,8	- 0,3
5	2 100,0	- 0,1
Diferencia máxima respecto al centro		**0,3**

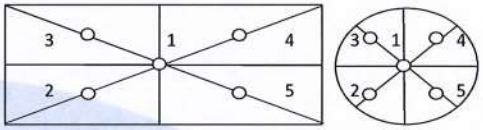


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

	Valor nominal de las cargas	
	3100 g	6200 g
Cantidad de repeticiones	Indicación del instrumento	
1	3100,0	6200,1
2	3100,1	6200,0
3	3100,0	6200,0
4	3100,1	6200,0
5	3100,1	6200,0
6	3100,0	6200,0
7	3100,0	6200,1
8	3100,1	6200,0
9	3100,0	6200,0
10	3100,1	6200,1
Desviación estándar	0,053 g	0,048 g

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue LABORATORIO, CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C..; AYACUCHO. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura máxima:	23,7 °C	Temperatura mínima:	23,3 °C
Humedad máxima:	53 % HR	Humedad mínima:	51 % HR
Presión barométrica máxima:	732,6 hPa	Presión barométrica mínima:	732,6 hPa

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura,la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura *R*, y también obtener su incertidumbre expandida U_R.

La ecuación para la corrección de la lectura, donde *R* es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$R_{corregida} = R - E_{aprox}$ $\quad E_{aprox} =$ *-2,58 E-08 · R*

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$u^2(W) =$ *4,44 E-03* + *7,59 E-09* R^2

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$U_R = k \cdot u(W)$

Se puede tomar el valor k = 2, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

El/Los certificado(s) reportados(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.
El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31695-001 Pinzuar / 0773-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-26 2024-06-11

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
6. Se adjunta la estampilla de calibración **No.** **M-00949-002**

Fin del certificado

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731

Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas

Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

M-00949-003 R0

Equipo *Instrument*	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
Fabricante *Manufacturer*	OHAUS
Modelo *Model*	R21PE30
Número de serie *Serial Number*	8342512669
Identificación interna *Internal Identification*	BLZ-003
Carga máxima *Maximum load*	30000 g
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de calibración *Date of calibration*	2025 – 06 – 11
Fecha de emisión *Date of issue*	2025 – 06 – 24

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 04
Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología PINZUAR LTDA no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que autorizan el certificado
Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA

DATOS TÉCNICOS

Método empleado	Comparación Directa
Número de serie	8342512669
Identificación interna	BLZ-003
Resolución	1 g
Intervalo calibrado	10 g a 30000 g
Documento de referencia	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/cg-01/V.00 Año 2009

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentran los resultados obtenidos en la prueba para los errores de las indicaciones que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

Tabla 1.
Resultados de la prueba para los errores de las indicaciones

Carga g	Indicación ascendente g	Indicación descendente g	Error ascendente g	Error descendente g	Incertidumbre expandida ± g	k^{1}, p=95,45% -----
10,0	10	10	0,0	0,0	1,3	2,21
100,0	100	100	0,0	0,0	1,3	2,21
500,0	500	500	0,0	0,0	1,3	2,21
1 000,0	1 000	1001	0,0	1,0	1,3	2,21
2 000,0	2 000	2000	0,0	0,0	1,3	2,21
5 000,0	5 000	5000	0,0	0,0	1,4	2,20
10 000,0	10 000	10000	0,0	0,0	1,6	2,13
15 000,0	15 000	15001	0,0	1,0	2,4	2,09
20 000,0	20 000	20000	0,0	0,0	3,2	2,06
25 000,0	25 000	25000	0,0	0,0	4,0	2,04
30 000,0	29 999	29999	- 1,0	- 1,0	4,8	2,03

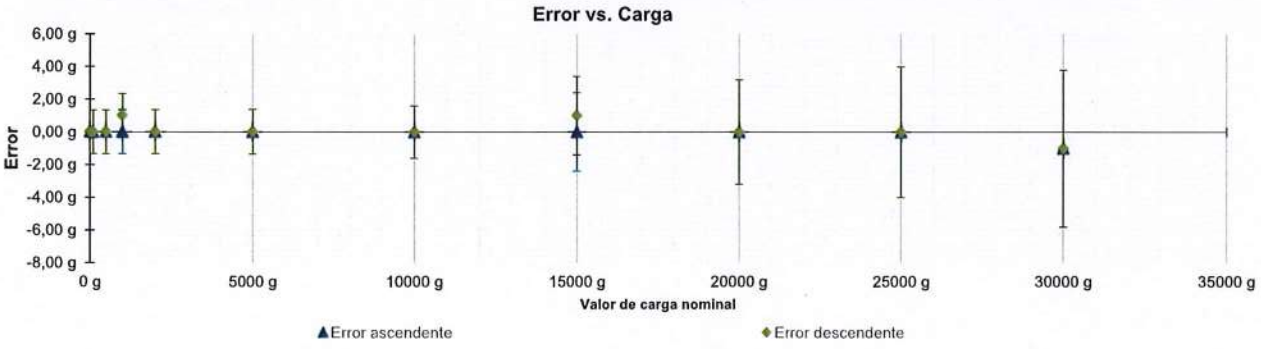


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

[1] *Factor de cobertura*

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN *(Continuación)*

A continuación, en la Tabla 2 se encuentran los resultados para el ensayo de excentricidad de carga que permite evaluar el comportamiento del equipo al aplicar cargas en un lugar diferente al centro del receptor de carga como se muestra en la Figura 2.

Tabla 2.
Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor nominal de la carga	10000 g

Posición	Indicación del instrumento	Diferencia respecto al centro
-----	g	g
1	10 000	-------
2	9 999	- 1
3	10 000	0
4	10 000	0
5	10 000	0
Diferencia máxima respecto al centro		1

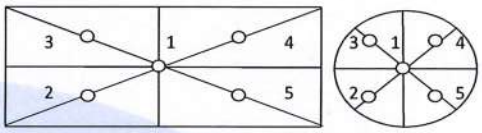


Figura 2. Posiciones de carga para la prueba de excentricidad.

Por último, en la Tabla 3 se muestran los resultados del ensayo de repetibilidad que permite identificar la variación de la indicación del instrumento de pesaje no automático al colocar una misma carga bajo condiciones idénticas de manejo y bajo condiciones de ensayo constantes.

Tabla 3.
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

	Valor nominal de las cargas	
	15000 g	30000 g
Cantidad de repeticiones	Indicación del instrumento	
1	15000	29999
2	15000	29999
3	15000	30000
4	15000	29999
5	15000	29999
Desviación estándar	**0,00 g**	**0,45 g**

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la calibración fue LABORATORIO, CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C..; AYACUCHO. Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura máxima:	22,4 °C	**Temperatura mínima:**	21,4 °C
Humedad máxima:	57 % HR	**Humedad mínima:**	54 % HR
Presión barométrica máxima:	740,4 hPa	**Presión barométrica mínima:**	740,4 hPa

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición está dada en la tabla de resultados de la página No. 2, para cada punto de calibración. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura,la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Fue estimada según el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Tomando como base los resultados obtenidos en la calibración del instrumento de pesaje no automático, se obtienen las ecuaciones con las que el usuario podrá corregir cada lectura *R*, y también obtener su incertidumbre expandida U_R.

La ecuación para la corrección de la lectura, donde *R* es tomada directamente del indicador del instrumento en las unidades que se reportan los resultados en la página número dos de este certificado. La ecuación aquí presentada aplica a ejercicios de pesada en los que se ajusta el cero del instrumento antes de ejecutar la pesada y asumiendo como condiciones normales de uso lo declarado por el usuario durante la calibración y de información recolectada durante la misma.

$R_{corregida} = R - E_{aprox}$ $\quad E_{aprox} =$ *-1,01 E-05 · R*

La pesada ejecutada en el instrumento de pesaje tendrá la siguiente incertidumbre estándar,

$u^2(W) =$ *3,67 E-01* + *1,00 E-08* R^2

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

$U_R = k \cdot u(W)$

Se puede tomar el valor k = 2, que corresponde a una probabilidad aproximada del 95 % y aplica cuando se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación. Se encuentra más información sobre el valor de k en el documento Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

El/Los certificado(s) reportados(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas.

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo	Fabricante	Certificado(s) de calibración	Fecha(s) de calibración
Pesas clase F1	Pinzuar	M-31695-001 Pinzuar / 0773-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-26 2024-06-11
Pesas clase F1	No presenta	M-31695-002 Pinzuar / 0813-MPES-C-2024 Pesatec	2024-04-25 2024-06-14

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de la condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Las cargas de prueba utilizadas en los ensayos de excentricidad, repetibilidad y errores de las indicaciones fueron acordados y aprobados por el cliente
5. la calibración puede dejar de ser válida si el instrumento es trasladado a un lugar distinto del que fue calibrado
6. Se adjunta la estampilla de calibración **No.** **M-00949-003**

Fin del certificado

LM-PC-24-F-01 R9.2

CASAGRANDE CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co

PINZUAR®
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de calibración

Calibration Certificate

NA-00948-001 R0

Equipo *Instrument*	CAZUELA CASAGRANDE ANALÓGICO MANUAL
Fabricante *Manufacturer*	PINZUAR
Modelo *Model*	S020604
Número de Serie *Serial Number*	2548
Identificación Interna *Internal Identification*	CC-001
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025 – 06 – 17
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025 – 06 – 25

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 04
Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate

PINZUAR LABORATORIO DE METROLOGÍA

Ing. Felix Jaramillo Castillo
Metrologo - PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co

PINZUAR®
LABORATORIO DE **METROLOGÍA**

Certificado de calibración

Calibration Certificate

NA-00948-001 R0

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado	Comparación Directa
Documento de Referencia	ASTM D4318

INSPECCIÓN

Los límites y tolerancias para la evaluación del instrumento han sido establecidos de acuerdo con los criterios definidos en el documento de referencia ASTM D4318.

Caracteristica	Maximo	Minimo	Resultado del Ensayo
Anexo A1. Prueba de resiliencia	9,0 in	7,7 in	Cumple

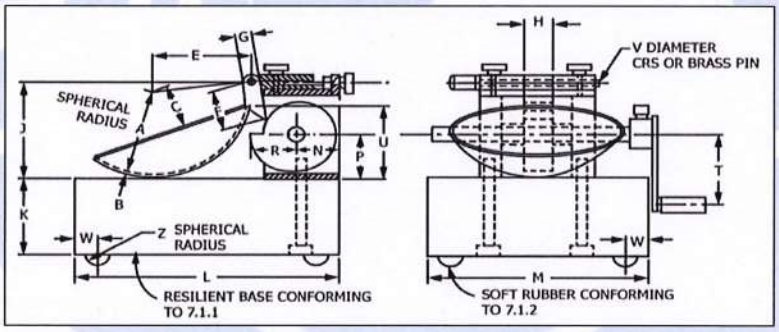
Tabla N°1: Resultados de ensayo

Caracteristica	Maximo	Minimo	Verificación del estado
9.1.1.1 Desgaste de la base	10 mm	---	Cumple
9.1.1.2 Desgaste de sujetador de la copa	3 mm	---	Cumple
9.1.1.4 Desgaste de leva	---	---	Cumple

Tabla N°2 : Inspección de desgaste

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

El equipo se inspeccionó y se encontró como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. A continuación se realizó el montaje del equipo y se procedió con la toma de datos de las mediciónes esenciales que cuenten una tolerancia, según el documento de referencia.



Letras	Máximo	Mínimo	Valor	Incertidumbre
A	54,5 mm	53,5 mm	54,58 mm	0,092 mm
B	2,1 mm	1,9 mm	1,96 mm	0,040 mm
C	27,5 mm	26,5 mm	27,11 mm	0,17 mm
J	61,0 mm	59,0 mm	60,08 mm	0,072 mm
U	48,0 mm	46,0 mm	46,59 mm	0,030 mm
K	52,0 mm	48,0 mm	49,88 mm	0,17 mm
L	152,0 mm	148,0 mm	151,47 mm	0,37 mm
M	127,0 mm	123,0 mm	125,51 mm	0,043 mm

Tabla N°3 : Resultados de medición dimensional

Caracteristica	Maximo	Minimo	Valor Medido	Incertidumbre
6.1.3 Peso de la copa	215,0 g	185,0 g	212,00 g	0,0093 g

Tabla N°4 : Resultados de medición de masa

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de PINZUAR LTDA SUCURSAL DEL PERU del CALLAO , las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	20,5 °C	Humedad Máxima:	61 %
Temperatura Minima:	20,3 °C	Humedad Minima	60 %

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 265731

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co

PINZUAR®
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de calibración

Calibration Certificate

NA-00948-001 R0

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura,la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.

Equipo de Referencia	Rango	Marca	Nro. Serie	Certificado de Calibración
Vernier digital - Exteriores	300 mm	No presenta	No presenta	L-00764-001
Vernier digital	150 mm	No presenta	ZJIH11097	L-00595-001
Profundimetro digital	150 mm	Tresna	No presenta	L-00764-005
Balanza Digital	10200 g	OHAUS	8032321162	M-00594-004

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma (,) como separador decimal.
2. Los valores de revoluciones en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
3. Se adjunta la etiqueta de calibración No. **NA-00948-001**

Fin del Certificado

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

T–00949-004 R0

Equipo *Instrument*	HORNO
Fabricante *Manufacturer*	PINZUAR
Modelo *Model*	G060404
Número de Serie *Serial Number*	148
Identificación Interna *Internal Identification*	HRN-001
Intervalo de Indicación *Indication Range*	10 °C a 200 °C
Intervalo del Controlador *Controller Range*	30 °C a 200 °C
Solicitante *Customer*	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección *Address*	JR. LA QUINUA 570
Ciudad *City*	AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
Ubicación del Equipo *Place of the instrument*	LABORATORIO
Fecha de Calibración *Date of calibration*	2025-06-11
Fecha de Emisión *Date of issue*	2025-06-25

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo coresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los intrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the costumer.This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and internationals standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsable for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 04
Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar Ltda. no se puede resproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas Autorizadas
Authorized signatureS

Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo-Pinzuar Ltda Sucursal del Perú

Ing. Sergio Martinez
Director del Laboratorio-Pinzuar Ltda Sucursal del Perú

CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS TÉCNICOS

Método de Calibración	Comparación Directa
Resolución	0,01 °C
Documento de Referencia	PC-018 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN O CARACTERIZACIÓN DE MEDIOS TERMOSTÁTICOS CON AIRE COMO MEDIO TERMOSTÁTICO - 2da Edición - INDECOPI
Volumen Total del Medio	300 L
Carga Térmica usada	ARENA - 40 %
Sistema de Ventilación del Equipo	Ventilación forzada
Valor(es) de Temperatura Calibrado(s)	110 °C ± 5 °C
Ubicación del Equipo	LABORATORIO

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le realizó una inspección anterior al inicio del proceso de calibración donde se determinó que estaba en buenas condiciones para continuar con el montaje de los sensores y su respectiva toma de datos. El proceso se inició al ubicar los sensores tal como se muestra en la figura 1 y la figura 2, se dejó estabilizar el medio durante un tiempo no inferior a dos horas, posteriormente se realizaron series de medición.A continuación, los resultados arrojados por el equipo bajo prueba.

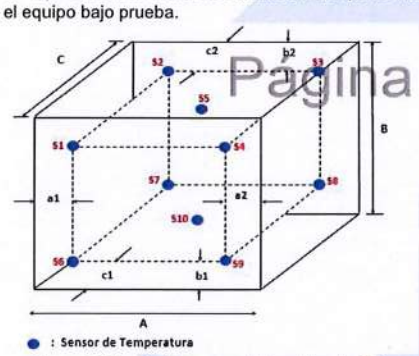


Figura 1. Ubicación de sensores dentro del medio isotermo

A: 83,0 cm
B: 70,0 cm
C: 52,0 cm

Inferior

a1: 10,0 cm
b1: 10,0 cm
c1: 10,0 cm

Superior

a2: 10,0 cm
b2: 10,0 cm
c2: 10,0 cm

Figura 2. Fotografía del montaje realizado para el equipo en cuestión.

Valor de Temperatura Calibrado	110 °C	Posición del controlador de temperatura	110 °C

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)	$k_{p=95,45\%}$
Máxima Temperatura Medida	110,99	0,14	2,01
Mínima Temperatura Medida	106,97	0,13	2,00
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,881	0,082	2,01
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,389	0,094	2,00
Estabilidad Medida (±)	0,440	0,041	2,01
Uniformidad Medida	3,722	0,097	2,00

***Tabla 1.** Resultados para la calibración y caracterización del medio.*

LM-PC-28-F-01 R1.1

LA GRANDE CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA CONCRETO Y PAVIMENTOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

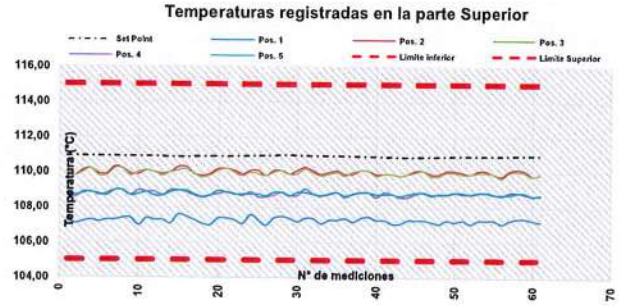
Valor de Temperatura Calibrado	110 °C	Tolerancia	5 °C	Posición del controlador	110 °C

Tiempo (minutos)	T indicada por el equipo en calibración (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C) Nivel Superior 1	2	3	4	5	Nivel Inferior 6	7	8	9	10	T Prom (°C)	T max - T min (°C)
1	110,92	107,27	110,00	110,00	108,78	108,75	110,49	110,29	109,07	108,23	109,24	109,21	3,22
2	110,93	107,07	109,80	109,80	108,68	108,56	110,40	110,29	108,97	108,33	109,24	109,12	3,32
3	110,92	107,17	110,10	110,00	108,78	108,84	110,89	110,39	109,07	108,33	109,34	109,29	3,72
4	110,92	107,27	110,19	110,19	108,87	108,84	110,79	110,49	109,25	108,62	109,43	109,40	3,52
5	110,91	107,17	109,90	109,80	108,68	108,75	110,59	110,39	108,97	108,33	109,43	109,20	3,42
6	110,91	107,27	109,90	109,80	108,78	108,65	110,59	110,39	108,97	108,23	109,43	109,20	3,32
7	110,91	107,27	110,29	110,19	108,96	108,94	110,99	110,59	109,16	108,23	109,53	109,42	3,72
8	110,89	107,37	110,19	110,19	108,96	108,94	110,79	110,49	109,35	108,53	109,53	109,43	3,42
9	110,9	107,37	109,90	109,80	108,68	108,65	110,49	110,29	109,07	108,43	109,24	109,19	3,12
10	110,9	106,97	109,90	110,00	108,96	108,75	110,69	110,39	108,97	107,84	109,53	109,20	3,72
11	110,9	107,37	110,10	110,10	108,87	108,84	110,79	110,39	109,25	108,53	109,43	109,37	3,42
12	110,9	107,27	110,00	110,00	108,87	108,65	110,59	110,29	109,07	108,33	109,43	109,25	3,32
13	110,89	107,27	109,90	109,80	108,68	108,65	110,40	110,19	108,97	108,33	109,24	109,14	3,12
14	110,88	107,07	110,00	110,00	108,96	108,84	110,79	110,59	109,07	108,13	109,53	109,30	3,72
15	110,88	107,58	110,29	110,10	108,96	108,94	110,99	110,59	109,25	108,72	109,71	109,51	3,42
16	110,87	107,48	110,29	110,19	108,87	108,94	110,89	110,59	109,25	108,43	109,53	109,45	3,42
17	110,89	107,27	109,90	109,90	108,68	108,75	110,59	110,39	109,07	108,33	109,43	109,23	3,32
18	110,89	107,07	109,80	109,71	108,59	108,56	110,40	110,10	108,88	108,13	109,24	109,05	3,32
19	110,9	106,97	109,90	109,80	108,68	108,65	110,59	110,29	108,97	108,33	109,24	109,14	3,62
20	110,9	107,37	110,19	110,10	108,78	108,94	110,89	110,49	109,07	108,13	109,43	109,34	3,52
21	110,91	107,37	110,19	110,19	108,87	108,84	110,89	110,59	109,25	108,43	109,53	109,42	3,52
22	110,91	107,27	110,10	110,00	108,78	108,75	110,59	110,39	109,07	108,33	109,34	109,26	3,32
23	110,92	107,07	109,90	109,80	108,68	108,75	110,49	110,29	108,97	108,33	109,34	109,16	3,42
24	110,93	107,58	110,10	110,00	108,87	108,75	110,69	110,39	109,16	108,33	109,53	109,34	3,12
25	110,93	107,27	110,10	109,90	108,59	108,75	110,59	110,29	109,07	108,13	109,34	109,20	3,32
26	110,95	106,97	109,80	109,80	108,59	108,65	110,40	110,29	108,97	108,23	109,24	109,10	3,42
27	110,95	107,37	110,10	110,00	108,68	108,84	110,69	110,29	109,16	108,33	109,34	109,28	3,32
28	110,98	107,48	110,10	110,10	108,87	108,84	110,69	110,39	109,25	108,62	109,43	109,38	3,22
29	110,98	107,37	109,90	109,90	108,68	108,65	110,49	110,39	109,07	108,33	109,43	109,22	3,12
30	110,96	107,17	110,10	109,90	108,68	108,84	110,69	110,39	109,07	108,53	109,43	109,28	3,52
31	110,96	107,37	110,29	110,19	109,06	108,84	110,99	110,69	109,25	108,53	109,71	109,49	3,62
32	110,95	107,37	110,10	110,00	108,78	108,75	110,59	110,29	109,16	108,43	109,43	109,29	3,22
33	110,95	107,07	109,90	109,80	108,68	108,65	110,40	110,19	109,07	108,43	109,24	109,14	3,32
34	110,94	107,27	110,00	109,90	108,78	108,75	110,59	110,39	109,07	108,43	109,43	109,26	3,32
35	110,94	107,27	110,10	110,00	108,87	108,84	110,69	110,49	109,07	108,43	109,53	109,33	3,42
36	110,93	107,37	109,90	109,80	108,59	108,65	110,40	110,10	108,97	108,33	109,43	109,15	3,02
37	110,93	107,17	109,90	110,00	108,78	108,75	110,59	110,39	109,07	108,33	109,53	109,25	3,42
38	110,92	107,37	110,10	110,10	108,87	108,84	110,79	110,59	109,25	108,33	109,53	109,38	3,42
39	110,91	107,48	110,10	110,10	108,87	108,84	110,79	110,59	109,16	108,33	109,53	109,38	3,32
40	110,91	107,27	109,90	109,80	108,59	108,75	110,40	110,19	108,97	108,33	109,43	109,16	3,12
41	110,89	107,27	109,90	109,90	108,87	108,75	110,59	110,29	108,97	108,33	109,43	109,23	3,32
42	110,89	107,07	109,90	109,90	108,78	108,75	110,69	110,39	108,97	108,33	109,43	109,22	3,62
43	110,88	107,07	109,80	109,80	108,59	108,65	110,40	110,29	108,97	108,33	109,34	109,12	3,32
44	110,88	107,27	109,90	109,90	108,59	108,75	110,49	110,29	109,07	108,33	109,24	109,18	3,22
45	110,89	107,27	110,10	110,00	108,78	108,84	110,79	110,39	109,07	108,33	109,43	109,30	3,52
46	110,89	107,27	110,10	110,10	108,87	108,84	110,79	110,49	109,07	108,33	109,62	109,35	3,52
47	110,9	107,17	109,90	109,80	108,68	108,75	110,59	110,29	108,97	108,04	109,43	109,16	3,42
48	110,9	107,07	109,90	109,80	108,78	108,75	110,59	110,39	108,97	108,13	109,43	109,18	3,52
49	110,92	107,27	110,10	110,00	108,78	108,75	110,69	110,39	108,97	108,13	109,43	109,25	3,42
50	110,93	107,17	110,10	110,00	108,87	108,84	110,69	110,49	108,97	108,23	109,53	109,29	3,52
51	110,93	107,27	110,00	109,90	108,78	108,84	110,69	110,39	109,07	108,33	109,43	109,27	3,42
52	110,94	107,07	109,90	109,90	108,78	108,75	110,49	110,29	109,07	108,43	109,43	109,21	3,42
53	110,94	107,27	110,10	110,00	108,87	108,84	110,69	110,49	109,07	108,43	109,53	109,33	3,42
54	110,94	107,27	110,10	110,00	108,87	108,84	110,69	110,39	109,16	108,62	109,43	109,34	3,42
55	110,94	107,27	109,90	109,90	108,78	108,75	110,40	110,29	108,97	108,33	109,24	109,18	3,12
56	110,96	107,07	109,80	109,71	108,68	108,75	110,59	110,29	108,70	107,84	109,34	109,08	3,52
57	110,96	107,27	110,10	110,00	108,87	108,75	110,79	110,39	108,97	108,33	109,53	109,30	3,52
58	110,97	107,37	110,19	110,10	108,87	108,84	110,79	110,39	109,25	108,23	109,53	109,36	3,42
59	110,98	107,37	110,10	110,00	108,78	108,84	110,59	110,29	108,97	108,33	109,34	109,26	3,22
60	110,98	107,27	109,80	109,80	108,68	108,65	110,40	110,29	108,88	108,13	109,43	109,13	3,12
61	110,97	107,17	109,90	109,90	108,68	108,75	110,69	110,39	108,97	108,33	109,53	109,23	3,52
T. PROM	110,92	107,26	110,01	109,95	108,78	108,77	110,65	110,38	109,06	108,32	109,43		
T. MÁX	110,98	107,58	110,29	110,19	109,06	108,94	110,99	110,69	109,35	108,72	109,71		
T. MÍN	110,87	106,97	109,80	109,71	108,59	108,56	110,40	110,10	108,70	107,84	109,24		
DTT	------	0,60	0,49	0,49	0,47	0,38	0,60	0,59	0,65	0,88	0,47		

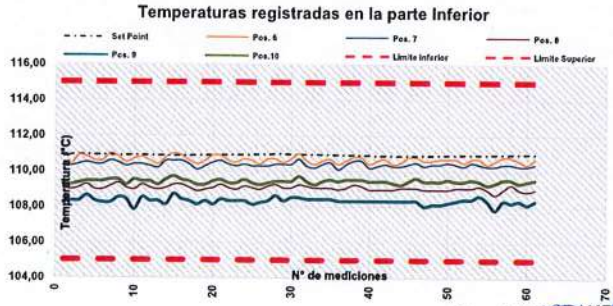
Tabla 2. Datos registrados por el equipo de referencia y calculos.

T.PROM, Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración .
T.MAX, Temperatura máxima **T.MIN,** Temperatura mínima **DTT,** Desviación de Temperatura en el Tiempo

Temperaturas registradas en la parte Superior



Temperaturas registradas en la parte Inferior



LOSAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 285731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

T–00949-004 R0

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue en el LABORATORIO ; CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION S.A.C..Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales

Temperatura Máxima:	24,3 °C	**Humedad Máxima:**	46,2 %
Temperatura Mínima:	23,4 °C	**Humedad Mínima:**	40,9 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo	Fabricante	Modelo	Certificado de Calibración	Fecha de Calibración
Termómetro Digital Multicanal (Termopares)	GRAPHTEC	GL200A	T-33748-011	2025-02-15

DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO

El Medio Isotermo, Cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura solicitadas por el cliente.

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y su ubicación son acordados y aceptados por el cliente
3. El volumen util o Zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
4. Se adjunta la estampilla de calibración **No.** **T–00949-004**

Fin de Certificado

LM-PC-28-F-01 R1.1

CASAGRANDE CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN SAC
DAVID DE JESUS GUERRA AYALA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 288731
CONSULTOR EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

UNSCH FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS Nº 36-2026-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 168-2026-FIMGC-D**, a los **dieciseis días del mes de junio de 2026**, siendo las **10:24 a.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil**, bajo la presidencia del **Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA**, y los miembros: **MSc. Ing. Adolfo LINARES FLORES**, **Dr. Ing. Edward LEON PALACIOS** y **Mtro. Ing. Moisés Nico BARBARAN ORIUNDO**, actuando como secretario docente el **Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero de Civil**, del Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Civil:

JOHAN GREIT CERRON ATACHAO

Quien presentó la tesis denominada:

Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

Aprobado con 15 (quince)

Siendo las **12:01 p.m.** del día **16 de junio del 2026**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA
Presidente

MSc. Ing. Adolfo LINARES FLORES
Miembro

Mtro. Ing. Moisés Nico BARBARAN ORIUNDO
Miembro

Dr. Ing. Edward LEON PALACIOS
Miembro - Asesor

Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 23-2026-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres	:	Johan Greit CERRON ATACHAO
Escuela Profesional	:	INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis	:	Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025
Evaluación de la Originalidad	:	20 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega	:	3007926547

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 3 de agosto del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Con depósito para Tramites
Cc. Archivo.

Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025

por Johan Greit Cerron Atachao

Fecha de entrega: 03-ago-2026 11:39p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3007926547
Nombre del archivo: Te_Johan_Greit_Cerron_Atachao.pdf (24.23M)
Total de palabras: 36709
Total de caracteres: 197522

Influencia de la incorporación de ceniza de tallo de maíz en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, con fines de construcción de viviendas rurales, Ayacucho, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	22%	5%	14%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
11	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
	repositorio.usanpedro.edu.pe	

15	Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Shaheed Benazir Bhutto Women University, Peshawar Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
29	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	

		<1 %
33	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Universidad Católica Boliviana "San Pablo" Trabajo del estudiante	<1 %
35	Submitted to Instituto de Educación Superior Tecnologico Privado de la Construccion CAPECO S.A.C. Trabajo del estudiante	<1 %
36	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Docentes Trabajo del estudiante	<1 %
38	comunicacion-cientifica.com Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		