

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia en la estabilización de adobe adicionando
parcialmente ceniza de residuo de Tarwi - Andahuaylas - 2022**

Alexs Roger Huaman Peralta

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : MBA Ing. Alejandro Vildoso Flores
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 16 de Junio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI – ANDAHUAYLAS - 2022"

Autores:

1. ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|-----------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 40 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR

MBA. Ing. Alejandro Vildoso Flores

AGRADECIMIENTOS

Eternamente, a Jesús, en quien tengo mucha fe.
Por su misericordia y protección infinita. Quien
me mantuvo vivo, incluso cuando los caminos
parecían desaparecer.

A mi familia, especialmente a mi madre Juanita
Florentina, quien jamás se rinde buscando lo
mejor para el hogar que formó.

DEDICATORIA

A mis padres, Juanita Florentina y José Amador, a quienes amo más que a nada en esta vida y, a mis hermanas, Soledad, Rosmeri, Kasia y Ruth Giselia que, a pesar de nuestras diferencias, somos una gran familia, haciéndole frente siempre juntos a las exigencias de la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I.	16
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Planteamiento del problema	16
1.1.2. Formulación del problema	20
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación e importancia	21
1.3.1. Justificación	21
1.3.2. Importancia	21
1.4. Hipótesis e identificación de variables.....	22
1.4.1. Hipótesis.....	22
1.4.2. Identificación de variables	22
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes del problema	24
2.1.1. Antecedentes nacionales	24
2.1.2. Antecedentes internacionales	26
2.2. Bases teóricas.....	27
2.2.1. Adobe.....	27
2.2.2. Estabilización del adobe.....	42
2.2.3. Ceniza de residuo de tarwi.....	46
2.2.4. Ensayos mecánicos para el adobe	51
2.3. Definición de términos básicos.....	53
CAPÍTULO III.....	56

4.2.3.	Segunda hipótesis por probar (Segunda hipótesis específica)	101
4.2.4.	Tercera hipótesis por probar (Tercera hipótesis específica).....	104
4.3.	Discusión	107
CONCLUSIONES		112
RECOMENDACIONES.....		113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		114
ANEXOS		117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Prueba cinta de barro	32
Figura 2. Prueba resistencia seca (elaboración de bolita de barro)	33
Figura 3. Prueba resistencia seca (prueba de la bolita de barro)	34
Figura 4. Prueba de control de fisura	35
Figura 5. Prueba del rollo.....	38
Figura 6. Materiales, equipos y herramientas para elaborar adobe	39
Figura 7. Dimensiones del adobe.....	40
Figura 8. Elaboración del adobe	40
Figura 9. Volteo del adobe.....	41
Figura 10. Secado del adobe	42
Figura 11. Manejo del adobe	42
Figura 12. Ensayo de Compresión en cubo.....	52
Figura 13. Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial.....	52
Figura 14. Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta	53
Figura 15. Muestra por unidad.....	58
Figura 16. Muestra por pila.....	59
Figura 17. Muestra por murete.....	59
Figura 18. Prensa hidráulica con marcador digital	61
Figura 19. Balanza, Tamices, bandeja, Copa de Casagrande, horno, etc.....	62
Figura 20. Ubicación de la zona de recojo (cosecha)	66
Figura 21. Recojo (cosecha) de residuo de tarwi	66
Figura 22. Carguío de residuo de tarwi.....	67
Figura 23. Quema de residuo de tarwi	67
Figura 24. Ceniza fresca de residuo de tarwi	68
Figura 25. Habilitación de área para la elaboración del adobe	70
Figura 26. Preparación de mezcla con adición de ceniza.....	70
Figura 27. Moldeo del adobe	71
Figura 28. Unidad del Tratamiento 1	72
Figura 29. Fallas en unidades.....	73
Figura 30. Unidad del Tratamiento 2	73
Figura 31. Fallas en unidades.....	74
Figura 32. Unidad del Tratamiento 3	74
Figura 33. Fallas en unidades.....	75
Figura 34. Unidad del Tratamiento 4.....	75
Figura 35. Fallas en unidades.....	76
Figura 36. Pila del Tratamiento	77
Figura 37. Fallas en pilas	78
Figura 38. Pila del Tratamiento 2	78
Figura 39. Fallas en pilas	79
Figura 40. Pila del Tratamiento 3	79
Figura 41. Fallas en pilas	80
Figura 42. Pila del Tratamiento	80
Figura 43. Fallas en pilas	81
Figura 44. Murete del Tratamiento	82
Figura 45. Fallas en muretes	83
Figura 46. Murete del Tratamiento	83
Figura 47. Fallas en muretes	84
Figura 48. Murete del Tratamiento 3	84

Figura 49. Fallas en muretes	85
Figura 50. Murete del Tratamiento 4	85
Figura 51. Fallas en muretes	86
Figura 52. Carta de Casagrande	89
Figura 53. Análisis granulométrico de tierra con 0% (control) de ceniza de residuo de tarwi	89
Figura 54. Curva granulométrica (1% de ceniza de residuo de tarwi).....	91
Figura 55. Análisis granulométrico de tierra con 3% de ceniza de residuo de tarwi	92
Figura 56. Curva granulométrica (3% de ceniza de residuo de tarwi).....	93
Figura 57. Límites de consistencia de tierra con 0% de ceniza de residuo de tarwi	93
Figura 58. Límites de consistencia de tierra con 1% de ceniza de residuo de tarwi	94
Figura 59. Límites de consistencia de tierra con 2% de ceniza de residuo de tarwi	95
Figura 60. Límites de consistencia de tierra con 3% de ceniza de residuo de tarwi	96
Figura 61. Promedio de ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad (kg/cm ²).....	108
Figura 62. Promedio de ensayos de resistencia a la compresión axial por pila (kg/cm ²)	109
Figura 63. Promedio de ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete (kg/cm ²).....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables Lista de exigencias	23
Tabla 2. Normatividades del adobe.....	31
Tabla 3. Clasificación de suelos por SUCS	37
Tabla 4. Producción de tarwi según zonas de producción	47
Tabla 5. Perú: Indicadores de producción de tarwi.....	47
Tabla 6. Especificaciones físicas para las cenizas	48
Tabla 7. Especificaciones químicas para las cenizas	49
Tabla 8. Composición química de la ceniza de tallo de tarwi.....	50
Tabla 9. Composición de óxidos y compuestos de la ceniza de residuo de tarwi.....	50
Tabla 10. Distribución de Muestras	58
Tabla 11. Tratamientos y porcentualización	69
Tabla 12. Composición química de óxidos de la ceniza de residuo de tarwi.....	88
Tabla 13. Resumen y promedio por tratamiento de ensayos de resistencia a compresión axial por unidad	97
Tabla 14. Resumen y promedio por tratamiento de ensayos de resistencia a compresión axial por pila	97
Tabla 15. Resumen y promedio por tratamiento de ensayos de resistencia a compresión diagonal por murete	97
Tabla 16. Datos de análisis para ensayos de resistencia a compresión axial por unidad	98
Tabla 17. Prueba de normalidad para compresión axial por unidad (Edad de la muestra = 28 días)	99
Tabla 18. Análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad del adobe	100
Tabla 19. Datos de análisis para ensayos de resistencia a compresión axial por pila del adobe	101
Tabla 20. Prueba de normalidad para compresión axial por pila (Edad de la muestra = 28 días)	102
Tabla 21. Análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión axial por pila.....	103
Tabla 22. Datos de análisis para ensayos de resistencia a compresión diagonal por murete.....	104
Tabla 23. Prueba de normalidad para compresión diagonal por murete (Edad de la muestra = 28 días)	105
Tabla 24. Análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete.....	106

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia de la ceniza de residuo de tarwi en la estabilización del adobe en cuanto a su resistencia a la compresión. La metodología de estudio fue de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño cuasi experimental y método cuantitativo. Con un tratamiento control 0% (T1), se adicionaron porcentajes de 1% (T2), 2% (T3) y 3% (T4). Elaborándose 168 adobes con dimensiones de 15 x 30 x 10 cm, distribuidos en 4 tratamientos de 42 adobes cada uno. A las que se practicaron ensayos en forma unitaria, pila y murete, considerando 6 muestras en cada caso. Mediante la observación, se registraron datos de los diferentes ensayos en formatos normalizados. Los resultados de los ensayos de resistencia a compresión axial por unidad, T1=3.68 kg/cm², T2=3.45 kg/cm², T3=3.38 kg/cm² y T4=3.38 kg/cm²; no superaron el valor de 10,2 kg/cm², considerado por la Norma E.080. Así mismo, en los ensayos de resistencia a compresión axial por pila, T1=7.58 kg/cm², T2=5.20 kg/cm², T3=5.20 kg/cm² y T4=5.85 kg/cm², a excepción de T1, los tratamientos no superaron el valor de 6,12 kg/cm², considerado por la Norma E.080. Finalmente, en los ensayos de resistencia a compresión diagonal por murete, T1=5.33 kg/cm², T2=3.68 kg/cm², T3=3.68 kg/cm² y T4=4.15 kg/cm²; contrariamente a los ensayos anteriores, todos los tratamientos superaron el valor de 0,25 kg/cm², considerado por la Norma E.080. Verificándose en todos los casos que, la adición de ceniza de residuo de tarwi, disminuye la resistencia a la compresión.

Palabras claves: Residuo, tarwi, ceniza, estabilizante, compresión, axial, diagonal.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of tarwi residue ash on the stabilization of adobe in terms of its compressive strength. The study methodology was applied, explanatory level, quasi-experimental design and quantitative method. With a control treatment 0% (T1), percentages of 1% (T2), 2% (T3) and 3% (T4) were added. 168 adobes were made with dimensions of 15x30x10 cm, distributed in 4 treatments of 42 adobes each. To which tests were carried out in unit form, pile and wall, considering 6 samples in each case. Through observation, data from the different trials were recorded in standardized formats. The results of the axial compression resistance tests per unit, T1=3.68 kg/cm², T2=3.45 kg/cm², T3=3.38 kg/cm² and T4=3.38 kg/cm²; they did not exceed the value of 10.2 kg/cm², considered by Norma E.080. Likewise, in the axial compression resistance tests per pile, T1=7.58 kg/cm², T2=5.20 kg/cm², T3=5.20 kg/cm² and T4=5.85 kg/cm², with the exception of T1, the treatments did not. They exceeded the value of 6.12 kg/cm², considered by Norma E.080. Finally, in the diagonal compression resistance tests by wall, T1=5.33 kg/cm², T2=3.68 kg/cm², T3=3.68 kg/cm² and T4=4.15 kg/cm²; contrary to the previous tests, all treatments exceeded the value of 0.25 kg/cm², considered by Norma E.080. Verifying in all cases that the addition of tarwi residue ash decreases the compressive strength.

Keywords: Residue, tarwi, ash, stabilizer, compression, axial, diagonal.

INTRODUCCIÓN

El estudio nace a partir de la necesidad de contar con un adobe de mejor calidad, entonces definiendo a la ceniza de residuo de tarwi como elemento de investigación, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión del adobe al adicionar parcialmente ceniza de residuo de tarwi?, para el que se asume la siguiente conjetura: “La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión del adobe”. Entonces, se desarrollará el estudio en busca de la respuesta.

Aún hoy en día, millones de personas en el mundo viven en hogares contruidos a base de adobe. Material ancestral amigable con el entorno natural que, fue, es y seguirá siendo elemento constructivo para una buena parte de la humanidad, principalmente por su bajo costo. Pero, lamentablemente, presenta algunas desventajas frente a algunos materiales de construcción por su poca resistencia, durabilidad, elevado peso, bajo confort térmico, entre los principales. Por lo que, esfuerzos alrededor del mundo iniciaron investigaciones diversas en busca de mejora de sus cualidades. Siendo uno de los más reconocidos, la técnica de construcción llamada como bloques de tierra comprimida (BTC).

Siendo este estudio, parte de estos esfuerzos, en vista que, en tiempos recientes es bastante común la evaluación de estabilizantes tanto de origen natural y/o artificial; se plantea el uso de la ceniza de residuo de tarwi como aditivo para mejorar las propiedades mecánicas del adobe a la compresión. Siendo este residuo, bastante abundante en el medio local y en varias regiones del país que, después de la cosecha, queda como desperdicio y puede ser perfectamente aprovechado como estabilizante en la elaboración del adobe.

En el presente estudio se desarrollan capítulos correspondientes a Planteamiento del Estudio, Marco Teórico, Metodología, Resultados y Discusión.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

1.1.1.1. Enfoque internacional

Se estima que hace 10.000 años, la mayor parte de los humanos en el mundo comenzaron a morar en viviendas hechas a base de tierra, construidos con conocimientos disponibles para el momento (1).

En la actualidad, aproximadamente el 30% de los habitantes del planeta ocupan edificaciones de esta naturaleza. En esta cifra, están incluidos alrededor del 50% de los habitantes de los países menos desarrollados, de los cuales, la mayor parte son habitantes de las zonas rurales y al menos el 20% de las zonas urbanas y urbano marginales.

Generalmente, son estructuras de baja calidad, en vista que, en la elaboración de sus unidades de albañilería y en la técnica de construcción, se emplean conocimientos precarios. Como resultado, los efectos que pueden sufrir estas estructuras con los embates de la naturaleza como los movimientos telúricos, aluviones, tempestades, etc. Así mismo, por el entorno natural como las lluvias, la humedad, la insolación, el viento, etc.; o aquellos provocados por el hombre como los daños mecánicos, por ejemplo, pueden ser mucho más destructivos a comparación en otros materiales mucho más resistentes, siendo no seguras.

Una de las fuerzas destructivas más grandes son los sismos, a estas, las estructuras de adobe, debido a su elevado peso, sufren daños severos a causa de sus ondas, frágiles a estas fuerzas, se

desploman bruscamente por fallas en varios niveles de su estructura. Ocasionando cuantiosos daños materiales y pérdida de vidas humanas.

Los tipos de fallas típicos en las estructuras de adobe son los severos agrietamientos y destrucción de muros, desarticulación de muros en las esquinas y lo mismo de los techos de los muros, los que con frecuencia terminan en un desplome generalizado.

Entre las acciones más importantes para mejorar la calidad del adobe, están los llamados Bloques de Tierra Comprimida (BTC), desarrollado en Colombia. Estos bloques presentan características particulares que les confieren diversas ventajas, como mayor economía, resistencia, durabilidad y sostenibilidad ambiental. Utilizan tierra cruda como materia y son prensadas mecánicamente que, hacen que sean productos de mínimo daño ecológico (2). Como se sabe, la tierra cruda es abundante y relativamente sencillo de reciclar, convirtiéndolo en renovable literalmente infinita (3).

La tierra utilizada en su elaboración debe cumplir con ciertas características, como un contenido adecuado de arcilla y arena. De lo contrario, los BTC no serán aptos para su uso como elementos estructurales, ya que presentarían bajas resistencias a la compresión (4).

Para mejorar sus propiedades físico-mecánicas, se emplean pequeñas cantidades de aditivos (estabilizantes) de origen químico o natural, tales como caseína y celulosa, provenientes de fuentes naturales (5), así como derivados del petróleo, bitúmenes naturales y emulsiones asfálticas de origen artificial (6).

Otra de las iniciativas destacadas en este campo ha sido desarrollada en Francia, país que ha llevado a los más altos niveles el estudio de la construcción con tierra cruda, como parte de la búsqueda de soluciones a la contaminación ambiental y la lucha contra la pobreza, entre otros desafíos. Francia ha implementado capacitaciones constantes para profesionales del sector en la Escuela de Arquitectura de Grenoble, a través del laboratorio CRAterre, el cual se ha convertido en el único centro de investigación especializado en este tipo de construcción a nivel mundial (1).

En cuanto a la reglamentación, algunos países han implementado normas de ensayo específicas para los BTC, destacando Brasil, Colombia, México, España y Francia (7). Asimismo, existen países como Perú e India que han desarrollado normas propias para la construcción con tierra cruda.

1.1.1.2. Enfoque nacional

Como antecedente histórico y como una de las civilizaciones que dominaron la costa del antiguo Perú, se cita a Chan Chan, la ciudad preincaica de barro más grande de América. Fue construida con muros de adobe y tapial, de gran grosor y altura, en una zona de intensa sismicidad. Su diseño, perfeccionado con este material, se concibió probablemente para soportar los efectos de los sismos (8).

La mayor parte de la problemática asociada a las viviendas de adobe está relacionada con los sismos. Uno de los eventos más trágicos ocurridos en el Perú tuvo lugar en 1970, cuando un terremoto, seguido de un aluvión provocado por el desprendimiento de un glaciar del Huascarán, provocó la desaparición de la ciudad de Yungay, con un saldo de 70 000 víctimas. Las viviendas, mayoritariamente construidas con adobe, evidenciaron la vulnerabilidad de este material ante eventos sísmicos. Sin embargo, en Coshco, una pequeña localidad cercana al epicentro, se observaron viviendas de adobe intactas, lo que llamó la atención de los investigadores. A partir de ello, se iniciaron estudios metodológicos específicos para analizar el comportamiento estructural del adobe durante sismos de gran magnitud.

En 2007, durante el terremoto en Ica, se produjo un fenómeno conocido como licuefacción, que consiste en la combinación de suelo y agua subyacente debido a movimientos sísmicos irregulares, provocando el hundimiento del terreno. Este fenómeno ocurrió en Tambo de Mora, donde numerosas viviendas colapsaron o quedaron hundidas. Un alto porcentaje de estas edificaciones estaban construidas con adobe de tierra cruda y/o quincha, entre ellas la iglesia de Pisco (9).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (10), en el último Censo de Vivienda de 2017, se registraron 2 148 494 viviendas de adobe o tapia, lo que representa el 27.9 % del total de viviendas en el Perú. Estas construcciones se consideran altamente frágiles ante los movimientos telúricos.

Los estudios sobre lo ocurrido en Yungay mostraron que la vulnerabilidad de las viviendas de adobe se debía principalmente a la deficiente unión de muros, el deterioro por falta de protección ante lluvias, la mala práctica constructiva y la acción de insectos que perforaban las estructuras, debilitándolas. También se realizaron pruebas de esfuerzo cortante, flexión, tracción y tracción diagonal, con el objetivo de analizar las fallas estructurales principales, así como las características de las unidades y el proceso constructivo. Otras investigaciones han demostrado que las construcciones de adobe son susceptibles a los sismos, debido a su gran peso, baja resistencia y fragilidad estructural.

Desde 1972, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) ha desarrollado numerosos estudios sobre materiales de construcción, incluyendo el adobe reforzado con caña. Su primer estudio

experimental se enfocó en utilizar materiales disponibles en la zona como alternativas para el reforzamiento estructural de las viviendas de adobe.

Asimismo, diversas universidades del país, tanto por iniciativa propia como a través de tesis, han contribuido con investigaciones en distintos niveles, buscando mejorar la calidad del adobe en aspectos como sismorresistencia, comodidad, economía, durabilidad y practicidad.

Por su parte, el Estado peruano, a través de sus organismos competentes, también ha impulsado estudios orientados a este campo, además de adecuar normas técnicas de carácter nacional.

En la actualidad, el país participa en eventos internacionales como la colaboración bilateral entre Perú y Argentina, denominada «Adobe como cultura constructiva local», desarrollado en conjunto por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) y el Gobierno de Salta, Argentina. Este proyecto busca fortalecer las capacidades constructivas de los pobladores de Salta mediante el diseño de viviendas sismorresistentes (11).

1.1.1.3. Enfoque local

De manera similar a lo que ocurre en otras partes del mundo, el adobe es la unidad de albañilería más utilizada en las zonas rurales y urbano-marginales de Apurímac y Andahuaylas.

Según el INEI (10), en Apurímac existen 91 752 viviendas habitadas cuyos muros exteriores están contruidos con adobe o tapial, lo que representa el 76.1 % del total de casas en la región. De este total, 30 249 viviendas con las mismas características se encuentran en la provincia de Andahuaylas.

En 2022, un sismo de magnitud 4,3 afectó viviendas de adobe y locales educativos en la ciudad de Abancay. La sensación sísmica fue intensa, y los edificios circundantes parecían colapsar en medio de estruendos. Según el Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) Apurímac y Defensa Civil, algunas viviendas de adobe y casas antiguas sufrieron desprendimiento de techos y fisuras en los muros. Asimismo, varios locales educativos presentaron rajaduras en las paredes, y el movimiento telúrico afectó otras edificaciones, como postas médicas (12).

En el ámbito universitario, se han realizado diversos estudios orientados a mejorar las propiedades estructurales del adobe, generalmente mediante la incorporación de estabilizantes (aditivos) que modifican sus características físicas, mecánicas y químicas.

Por ejemplo, Castillo (13), en una investigación de tesis, incorporó fibra de lana y polímero reciclado al adobe. Los resultados obtenidos demostraron que la resistencia a la compresión y tracción mejoró significativamente.

Siguiendo estas iniciativas para mejorar la calidad del adobe, en términos de resistencia a la compresión, el presente estudio plantea la adición de ceniza de residuo de tarwi como estabilizante, con el objetivo de incrementar la resistencia a la compresión axial y diagonal.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión del adobe al adicionar parcialmente ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?

1.1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión axial por unidad de adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?

¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión axial por pila de adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?

¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión diagonal por murete de adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión del adobe al adicionar parcialmente ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022.

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial por pila del adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022.

Determinar la influencia en la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

1.3.1.1. Justificación social

Esta investigación busca mejorar la estabilidad, resistencia y durabilidad del adobe utilizado en edificaciones rurales, mediante el uso de un aditivo natural, como la ceniza del tallo de tarwi. Dado que el tarwi es un cultivo común en la agricultura local, su disponibilidad facilita su incorporación en la optimización de las propiedades del adobe, promoviendo una alternativa sostenible y accesible para las comunidades rurales.

1.3.1.2. Justificación teórica

Los óxidos presentes en la ceniza de residuo de tarwi, especialmente el óxido de calcio, le confieren mayor reactividad, lo que permitirá mejorar las propiedades del adobe. Su incorporación contribuiría a ampliar sus cualidades físicas, mecánicas y químicas, proporcionando mayor resistencia y durabilidad al material.

1.3.1.3. Justificación práctica

El adobe es una de las unidades de albañilería más utilizadas en zonas rurales. Se trata de un material de construcción ancestral elaborado con barro y paja, cuya composición lo hace relativamente frágil, de baja resistencia y limitada durabilidad.

Por ello, esta investigación propone la adición parcial de ceniza de residuo de tarwi con el objetivo de mejorar sus propiedades estructurales, logrando un material con mayor resistencia y durabilidad para su uso en la construcción.

1.3.2. Importancia

Millones de hogares, tanto a nivel local como global, aún construyen sus viviendas con adobe debido a su bajo costo y facilidad de elaboración, ya que emplea materiales naturales de amplia disponibilidad. Generalmente, las personas que optan por el adobe como material de construcción cuentan con recursos económicos limitados, lo que a menudo las lleva a edificar viviendas con baja estructural.

El adobe tradicional contemporáneo es un material altamente susceptible al agua (inundaciones, humedad, etc.), a daños mecánicos y, en menor medida, a otros factores ambientales. Además, las viviendas construidas con este material presentan una alta vulnerabilidad ante sismos, ya que el sistema constructivo empleado suele ser precario, lo que limita significativamente su resistencia estructural. En

consecuencia, estas edificaciones representan una amenaza constante para la seguridad de sus ocupantes.

Por ello, la realización de estudios orientados a mejorar la calidad del adobe como unidad estructural, complementados con la implementación de sistemas constructivos adecuados, resulta fundamental para ofrecer mejores condiciones de habitabilidad a quienes optan por la tierra cruda como material de construcción, en especial a las poblaciones más vulnerables.

1.4. Hipótesis e identificación de variables

1.4.1. Hipótesis

1.4.1.1. Hipótesis general

La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión del adobe - Andahuaylas - 2022.

1.4.1.2. Hipótesis específicas

La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe - Andahuaylas - 2022.

La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión axial por pila del adobe - Andahuaylas - 2022.

La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe - Andahuaylas - 2022.

1.4.2. Identificación de variables

Variable independiente - Ceniza de residuo de tarwi.

Variable dependiente - Estabilización del adobe.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables Lista de exigencias

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDICADORA	Ceniza de residuo de tarwi	El tarwi es una planta de la familia de las leguminosas de nombre científico <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> que posee diversas propiedades. La ceniza de su residuo (todo lo que resta después de recoger las vainas con los granos), entre otros usos, se puede utilizar como estabilizante (aditivo) natural en la construcción, en la elaboración de adobes, por ejemplo. Por su contenido en óxidos y otros	Evaluar la ceniza de residuo de tarwi como estabilizante (aditivo) en la elaboración de adobe: Se le otorga una calificación con base en ciertos criterios de medición por cada porcentaje de ceniza de residuo de tarwi adicionado para determinar su influencia	0 % de ceniza de residuo de tarwi	kg	Cuantitativo	Medición de razón
				Adición de 1 % de ceniza de residuo de tarwi	kg	Cuantitativo	
				Adición de 2 % de ceniza de residuo de tarwi	kg	Cuantitativo	
				Adición de 3 % de ceniza de residuo de tarwi	kg	Cuantitativo	
VARIABLE DE PROCESO	Estabilización del adobe	Es la condición de la reestructuración molecular de la estructura interna de la masa de la materia del adobe como consecuencia de la adición de una sustancia externa (estabilizante), el cual le puede conferir mejores propiedades, haciéndolo más resistente y durable	Los valores de los ensayos de resistencia a la compresión (axial/unidad, axial/pila y diagonal/murete) muestran los efectos (estabilización) que la adición de ceniza de residuo de tarwi produce en la resistencia a la compresión del adobe	Resistencia a la compresión axial por unidad	kg/cm ²	Cuantitativo	Medición de razón
				Resistencia a la compresión axial por pila			
				Resistencia a la compresión diagonal por murete			

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

Masgo, Quintana y Reyes sustentaron la tesis titulada «Adobes con ceniza de cáscara de arroz aplicadas a la construcción de arcos para vanos arquitectónicos sin dintel en viviendas de tierra en la comunidad de Chinche, distrito Yanahuanca - Pasco - 2021» (14). El objetivo general fue determinar la influencia de la ceniza de cáscara de arroz en la resistencia del adobe. En una investigación cuasi-experimental, elaboraron adobes con dos tipos de moldes: TA ($24 \times 12 \times 9$ cm) y TB ($24 \times 24 \times 9$ cm), fabricando 18 unidades de cada uno. La mitad de los adobes correspondió al control del tratamiento, cuyos valores siempre fueron menores. Se agregaron 40, 80, 120 y 200 g de ceniza de cáscara de arroz y se realizaron pruebas de compresión a los 20 días de secado. Los resultados demostraron que los adobes del TA presentaron mayor resistencia en comparación con los del TB. En el TA, una mayor cantidad de ceniza redujo la resistencia, mientras que, en el TB, ocurrió lo contrario. Con 40 g de ceniza, se obtuvo una resistencia de 22 kg/cm² en el TA, mientras que, con 120 g, la resistencia alcanzó 22,99 kg/cm² en el TB, siendo estos los valores más altos en cada caso.

Sandoval sustentó la tesis titulada «Evaluación de la erosión y la resistencia del adobe adicionado con cenizas de carbón y cal» (15). El objetivo general fue evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón y cal en la erosión y resistencia del adobe. En una investigación experimental, fabricó 300 adobes de $20 \times 30 \times 10$ cm, sobre los cuales realizó pruebas de resistencia a la compresión por pila y compresión diagonal en muretes a los 28 días de secado. Se elaboraron 36 pilas con adiciones de 3 %, 5 %, 8 %, 10 % y 12 % de ceniza de carbón y cal, con seis muestras para cada porcentaje. Además, se fabricaron 10 muretes con 10 % de adición. Los resultados para las pilas

indicaron que todas las adiciones, excepto la del 3 %, mejoraron la resistencia: 5 % (6.10 kg/cm²), 8 % (6.27 kg/cm²), 10 % (6.83 kg/cm²) y 12 % (7.26 kg/cm²), en comparación con el adobe sin adiciones, que obtuvo 6.08 kg/cm². En los muretes, la adición del 10 % alcanzó 2,60 kg/cm², superando al control (1,85 kg/cm²).

Flores y Paredes sustentaron la tesis titulada «Mejora de las características físicas y mecánicas del adobe empleando aditivos naturales de la zona – CP Cambio Puente y anexos» (16). El objetivo general fue analizar las cualidades físicas y mecánicas del adobe incorporando aditivos de origen natural. En una investigación experimental, se emplearon diferentes proporciones de ceniza de cascarilla de arroz (3 %, 5 % y 8 %), cascarilla de arroz (3 %, 6 % y 10 %) y viruta de madera (2 %, 4 % y 6 %), además de combinaciones de ceniza de cascarilla de arroz y cascarilla de arroz (2 %-5 %, 5 %-8 % y 8 %-11 %). Se elaboraron adobes de 40 × 20 × 10 cm, cubos de 10 cm de arista y cilindros de 30 cm de longitud con 15 cm de diámetro. Un total de 104 cubos se distribuyeron en cinco tratamientos y fueron sometidos a pruebas de compresión a los 28 días de secado. Los resultados demostraron que los adobes con 10 % de cascarilla de arroz fueron los más resistentes, alcanzando 33.48 kg/cm² para la tierra de Cambio Puente y 30.37 kg/cm² para Del Pozo, superando en todos los casos al tratamiento control.

Idrogo sustentó la tesis titulada «Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa arbórea» (17). El objetivo general fue determinar los efectos de la adición de ceniza de eucalipto en la resistencia a la compresión y flexión. En una investigación experimental, se utilizaron adiciones del 8 % y 10 %. Se elaboraron cubos de 15 × 15 × 10 cm y adobes de 15 × 30 × 10 cm. Un total de 18 cubos, distribuidos en tres tratamientos, se sometieron a pruebas de compresión a los 28 días de secado. Los resultados evidenciaron una disminución de la resistencia en comparación con el tratamiento control (12.62 kg/cm²), obteniendo 6.13 kg/cm² con 8 % de ceniza y 4.56 kg/cm² con 10 %. El estudio concluyó que la incorporación de ceniza de eucalipto no mejora las propiedades mecánicas del adobe.

Mendoza sustentó la tesis titulada «Evaluación de la resistencia del adobe fabricado con adición de ceniza y arena» (18). El objetivo general fue evaluar la resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe utilizando ceniza y arena en su composición. En una investigación cuasi-experimental comparativa, se elaboraron 14 adobes de 30 × 30 × 10 cm, distribuidos en dos tratamientos: uno control y otro con la adición de 10 % de ceniza y 25 % de arena. Se realizaron pruebas de compresión a los 28 días de secado. Los resultados demostraron un aumento del 64.88 % en la resistencia, alcanzando 20.33 kg/cm² en los adobes con adición, frente a 12.33 kg/cm² en el tratamiento control.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Dharek, Sreekeshava, Vengala, Pramod, Sunagar y Shivaprakash realizaron una investigación titulada «Investigaciones experimentales sobre la utilización de cenizas de bagazo en ladrillos de adobe» (19). El objetivo principal fue evaluar el comportamiento de los ladrillos de adobe mezclados con ceniza de bagazo de caña de azúcar estabilizados con cemento. En un estudio experimental, se moldearon ladrillos de adobe variando la cantidad de ceniza de bagazo en un rango de 0 % a 60 %, con incrementos de 10 %. A los 28 días de secado, las muestras fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión, absorción de agua, densidad seca y resistencia a la flexión. Los resultados indicaron que la mezcla con 30 % de ceniza de bagazo obtuvo los mejores valores y cumplió con las disposiciones establecidas en los estándares indios.

Lawal B., Ayodeji y Lawal S. desarrollaron el estudio «Mejora de las propiedades termofísicas de la tierra apisonada mediante la estabilización con ceniza de cáscara de maíz» (20). El objetivo fue evaluar el potencial de la ceniza de cáscara de maíz como estabilizante en la producción de bloques de tierra apisonada para mejorar el confort térmico en edificaciones. En un estudio experimental, se emplearon dos niveles de adición de ceniza (10 % y 20 %). Las muestras fueron moldeadas y sometidas a pruebas de conductividad térmica, capacidad calorífica específica y densidad a los 28 días de secado. Los resultados indicaron una mejora significativa en la conductividad térmica de los bloques estabilizados, obteniendo valores de $0.996 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $0.637 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ y $0.489 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ para las adiciones de 0 %, 10 % y 20 %, respectivamente. Asimismo, las capacidades caloríficas fueron de $962,1 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, $984,9 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ y $993,4 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, mientras que las densidades aumentaron de $862,3 \text{ kg/m}^3$ a $942,5 \text{ kg/m}^3$ y $959,5 \text{ kg/m}^3$, respectivamente.

Elahi, Shahriar, Alam y Abedin llevaron a cabo el estudio «Efectividad de la ceniza de aserrín y cemento para la fabricación de bloques de tierra estabilizada comprimida» (21). Su objetivo fue evaluar la efectividad de la ceniza de aserrín (CA) y el cemento en la fabricación de bloques de tierra estabilizada comprimida (BTEC). En un estudio experimental, se consideraron cuatro contenidos de cemento (4 %, 6 %, 8 % y 10 %) y seis contenidos de CA (0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % y 10 %). Se elaboraron 288 muestras de $19 \times 9 \times 9 \text{ cm}$, distribuidas en 24 tratamientos, las cuales fueron sometidas a pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días de secado. Los resultados indicaron que la cantidad óptima de CA fue 4 % para 4 % de cemento, 6 % para 6 %-8 % de cemento y 8 % para 10 % de cemento. Se observará que la adición de CA y cemento incrementó la resistencia de los bloques entre un 21 % y un 147 % en comparación con el tratamiento control. Se concluye que los bloques estabilizados con cemento y CA pueden considerarse un material de construcción eficiente.

Sasui, Watcharin y Sirimas realizaron el estudio «Efectos de la cáscara de arroz cruda y la ceniza de cáscara de arroz en la resistencia y durabilidad de los ladrillos de adobe» (22). El objetivo fue

evaluar comparativamente la influencia de la cáscara de arroz cruda (CAC) y la ceniza de cáscara de arroz quemada en pilas (CCA) como estabilizantes en la resistencia a la compresión, la estabilidad, la absorción de agua y la contracción volumétrica. En un estudio experimental, ambos estabilizantes (CAC y CCA) se emplearon en una proporción del 2% del peso seco del suelo. Se elaboraron 75 especímenes de $20 \times 15 \times 10$ cm, distribuidos en tres tratamientos, los cuales fueron sometidos a pruebas de compresión en pila a los 28 días de secado. Los resultados mostraron un rendimiento significativamente mejorado respecto al tratamiento control para las muestras con CAC, pero no para CCA. Esto sugiere que la alta temperatura de calcinación en pila afectó negativamente las propiedades cimentantes de CCA. Se concluyó que la aplicación de CAC como estabilizante es más efectiva para la construcción de viviendas de adobe en áreas afectadas por inundaciones y lluvias.

Bustamante y Mendoza sustentaron la tesis titulada «BTC con adición de ceniza de bagazo de caña como solución a la autoconstrucción de vivienda en zona rural del municipio de Nimaima» (23). El objetivo principal fue evaluar la efectividad del bagazo de caña en la estabilización del bloque de tierra comprimida (BTC). En una investigación experimental, se emplearon cinco dosificaciones de cemento y ceniza de bagazo (1-A (control), 2-A, 3-A, 4-A, 5-A y 6-A), con muestras de $5 \times 5 \times 5$ cm, distribuidas en seis tratamientos. Seis muestras fueron sometidas a ensayos de compresión a los 28 días de secado. Los resultados indicaron que los BTC a los 28 días de secado presentaron su mayor resistencia en la mezcla 5-A, con un valor de 1.6 MPa, la cual contenía ceniza (75%) y cemento (25%). En comparación, la muestra de control alcanzó una resistencia de 2 MPa.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Adobe

2.2.1.1. Definición

(24), define al adobe como una unidad de albañilería elaborada a base de tierra cruda, al cual se le añade materiales como paja, arena, etc., para mejorar sus características de resistencia y durabilidad.

La Norma Técnica también indica las siguientes consideraciones:

- El bloque de adobe puede presentar forma cuadrada o rectangular; y las aristas ser diferentes a 90° , siendo estas formas especiales.

- Las dimensiones del adobe de forma cuadrada no debe ser mayor a los 0.40 cm para evitar dificultades con el peso.

- Las dimensiones del adobe de forma rectangular deben estar en el orden siguiente: el largo debe ser igual al doble de su ancho.

- El adobe debe presentar una altura entre 0.08 m y 0.12 m.

En general, el adobe se clasifica en dos grupos:

A. Adobe compactado, es el adobe tradicional que se compacta por diferentes medios con la finalidad de reducir los poros para obtener una mayor densidad en su masa, el cual le dará mejor resistencia mecánica.

B. Adobe Estabilizado, es el adobe tradicional a la que se incorpora estabilizantes, igualmente para mejorar ciertas características como la resistencia a compresión y a la exposición de humedad. Tales estabilizantes pueden incluir materiales como el cemento, cal, asfalto, entre otros.

2.2.1.2. Composición del adobe

El adobe se compone esencialmente de arcilla, arena, limo y agua. Frecuentemente, se le añaden materiales adicionales para mejorar su resistencia, como paja de residuos de cosechas o paja ichu, entre otros. En términos generales, el adobe está conformado por materiales finos (arcillas y limos) y gruesos (arena), junto con agua.

Para la elaboración del adobe, existen recomendaciones sobre la gradación de la tierra, estableciendo que los componentes deben aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla (10 %-20 %), limo (15 %-25 %) y arena (55 %-70 %). Sin embargo, estos valores pueden variar en adobes estabilizados.

Es fundamental realizar pruebas de campo para corroborar el contenido de arcilla, asegurando que su proporción con la arena gruesa sea adecuada para evitar grietas o grietas durante el secado. Además, la materia prima (suelo) debe estar libre de materia orgánica en cantidades que puedan afectar su calidad. La paja también puede utilizarse como estabilizante para reducir estas imperfecciones.

Asimismo, el nivel de humedad debe ser controlado, ya que influye directamente en la disminución o prevención de daños. En general, la humedad no debe exceder el 20 % con respecto al peso del contenido seco. Para la mezcla, se recomienda el uso de agua potable o aquella libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, materia orgánica o cualquier sustancia en concentraciones que puedan comprometer la calidad del material (24).

2.2.1.3. Marco normativo sobre el adobe

Marco normativo nacional

En los últimos años, nuestro país ha desarrollado normativas relacionadas con la construcción en adobe y, en general, con las edificaciones a base de tierra. Estas regulaciones han sido actualizadas conforme a los avances técnicos y constructivos. La primera publicación se realizó en 1979, con modificaciones en 2000 y, más recientemente, en 2017, cuando se llevó a cabo la revisión más actual: la norma E.080 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, que forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Esta norma establece los lineamientos para la edificación de viviendas con tierra reforzada, una técnica constructiva que abarca la ejecución de los siguientes elementos: cimientos corridos y sobrecimientos, muros de albañilería, entrepisos, techos, refuerzos y conexiones, así como arriostres en sentido vertical y horizontal.

Asimismo, la norma detalla los procedimientos para la realización de pruebas de campo y ensayos de laboratorio sobre la calidad de la tierra utilizada. Además, especifica aspectos clave como el dimensionamiento, las características geométricas, las pruebas de calidad de los elementos constructivos, el procedimiento de ejecución y las consideraciones técnicas más relevantes.

Marco normativo internacional

Varios países han emitido reglamentaciones que establecen directrices para una construcción adecuada con adobe, y su número sigue en aumento debido a la necesidad social de mejorar la seguridad y calidad de este tipo de edificaciones. Un porcentaje significativo de la población mundial continúa construyendo viviendas con adobe, y, además, existen iniciativas de revalorización de este material ancestral con un enfoque moderno y ecológico. Por ello, los estudios orientados a mejorar su comportamiento estructural son cada vez más frecuentes en diversos países.

El objetivo principal de estas normativas es garantizar estructuras más eficientes y seguras ante eventos naturales o causados por el ser humano. A nivel global, los movimientos telúricos han cobrado innumerables vidas humanas, lo que ha llevado a las autoridades nacionales a desarrollar estudios y elaborar normas capaces de mitigar estos riesgos y mejorar la resiliencia de las edificaciones de adobe.

A continuación, se presentan algunos países y sus normativas respectivas dentro del marco de referencia internacional, así como aquellas que cumplen funciones similares a la legislación vigente en nuestro país.

Brasil: La Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), con un total de trece normativas hasta la fecha, es la entidad encargada de emitir las normas técnicas en el país. Los estudios realizados en Brasil se centran en los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) y en el uso de estabilizantes, con

especial énfasis en bloques de suelo-cemento y paredes monolíticas. Muchos de estos avances han sido presentados en congresos, exposiciones y reuniones internacionales, donde países latinoamericanos y europeos intercambian conocimientos e innovaciones en el campo de la construcción con tierra.

El artículo «Técnicas de construcción con tierra - Normas para el BTC con adición de cemento» , publicado por la ABNT, menciona la NBR 8491 , una normativa que establece los parámetros de control para la elaboración de BTC estabilizado con cemento . Además, incluye una tabla con especificaciones que definen los rangos y límites aceptables para su producción.

Colombia: El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), como organismo nacional de normalización de Colombia y miembro activo de organismos internacionales y regionales de normalización, como los de Brasil y otros países de América Latina y Europa, realiza trabajos importantes en el país.

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 5324, publicada por ICONTEC en 2005, al igual que las normas brasileñas, describe las características generales y específicas que deben cumplir los Bloques de Tierra Comprimida (BTC). Dicha norma es una traducción literal de la norma francesa XP P13-901:2001, de carácter experimental, emitida por la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR).

España: La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) emitió en 2008 la norma AEN/CTN 41 SC 10 – Edificación con tierra cruda, siendo la primera norma europea sobre BTC. Esta norma, de carácter no experimental, contempla pautas para el uso de tierra en la construcción de estructuras a base de este material.

Francia: La Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), como parte de sus documentos iniciales de fondo experimental, publicó en 2001 la norma XP P13-901:2001. Este documento recopila experiencias en la construcción con tierra y pretende servir como punto de partida para generar normativas más elaboradas con carácter vinculante.

En cuanto a otros países de América Latina y otros continentes, Estados Unidos (2008), Sri Lanka (2009) y Burkina Faso (2009) han publicado normas afines. En Chile, como resultado de una consulta pública obligatoria, se ha desarrollado un documento orientado a la construcción con tierra. Por su parte, Ecuador, Nicaragua y México han concluido recientemente la elaboración de sus normativas respectivas.

Es fundamental homologar los criterios de evaluación de materiales, características de los elementos, procesos constructivos y pruebas de calidad de todas las normativas existentes, de manera

que puedan ser comparables y aplicables bajo un estándar común, dado que todas regulan el uso del mismo material —la tierra— en la edificación de estructuras destinadas al uso humano.

A continuación, se presenta un panorama más amplio de las normativas sobre la materia en distintos países.

Tabla 2. Normatividades del adobe

Item	País	Año	Descripción
1	Perú	1979	Norma NTP 331.201, NTP 331.202, NTP 331.203
2	India	1980	Norma IS 2110
3	India	1982	Norma IS 1725
4	Turquía	1985	Norma TS 537, TS 2514, TS 2515
5	Brasil	1986	Norma NBR 8491, NBR 8492
6	Brasil	1989	Norma NBR 10832, NBR 10833
7	Brasil	1990	Norma NBR 12025
8	Brasil	1992	Norma NBR 12023, NBR 12024
9	India	1993	Norma IS 13827
10	Brasil	1994	Norma I NBR 10834, NBR 10835, NBR 10836
	Brasil		Norma NBR 13554, NBR 13555, NBR 13553
11	Regional África	1996	Norma ARS 670 - ARS 683
	Túnez		Norma NT 21.33, NT 21.35
12	Nigeria	1997	Norma NIS 369
13	Nueva Zelanda	1998	Norma NZS 4297 NZS 4298
14	Nueva Zelanda	1999	Norma NZS 4299
	Kenia		Norma KS 02-1070
15	Perú	2000	Norma NTE E 0.80
16	Francia	2001	Norma XP P13-901
	Zimbabue		Norma SAZS 724
17	Camerún	2002	Norma NC 102 - NC 114
18	Colombia	2004	Norma NTC 5324
	Italia		Ley N° 378, 2004
19	Italia	2006	Norma L.R. 2/06
20	España	2008	Norma UNE 41410
	EEUU		Norma NMAC, 14.7.4, 2009
21	Sri Lanka	2009	Norma SLS 1382-1, SLS 1382-2, SLS 1382-3
	Burkina Faso		Norma NBF 0.2-001 - NBF 0.2-008
22	EE.UU.	2010	Norma ASTM E2392 M-10

Fuente. Docplayer.es

2.2.1.4. Ensayos para seleccionar tierra para adobe

Ensayos de campo para seleccionar tierra para adobe

Prueba Cinta de Barro

Según (24), el objetivo de la prueba es comprobar la presencia de arcilla presente en el suelo a utilizar para la elaboración del adobe. La prueba se realiza de manera rápida, para la que se necesita de unos 10 minutos.

Se debe seguir las siguientes recomendaciones:

- A partir de la muestra de barro seleccionada se elaboran formas cilíndricas de unos 12 mm de diámetro.

- Con el apoyo de los dedos pulgar e índice ir aplanando de forma uniforme a lo largo de todo el cilindro, hasta conseguir una cinta de barro de 4 mm de espesor.

- Conseguido la forma deseada, colgar la cinta de barro tal como se muestra en la imagen, de manera gradual, hasta que esta se corte por su propio peso.

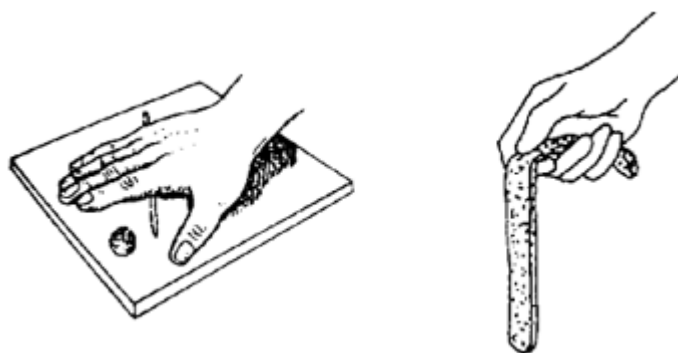


Figura 1. Prueba cinta de barro
Fuente. Materiales de construcción apropiados

- Como regla general se deduce lo siguiente, cuando la cinta de barro se corta con una longitud de 20 y 25 cm, es indicativo de que hay bastante presencia de arcilla en el suelo y, si esta longitud es menor o igual a 10 cm, es indicativo de poca presencia de arcilla.

Por otro lado, como criterio de mayor especificidad se puede aseverar los tres posibles siguientes casos:

- Suelo Arenoso (Inadecuado): Es cuando la cinta de barro se corta antes de alcanzar una longitud de 5 cm.

- Suelo Arcilloso – Arenoso (Adecuado): Es cuando la cinta de barro se corta con una longitud entre 5 y 15 cm.

- Suelo Arcilloso (Inadecuado): Es cuando la cinta de barro se corta superando los 15 cm de longitud.

Prueba Resistencia Seca o Presencia de Arcilla

Según (24), Esta prueba tiene el mismo objetivo que la anterior: verificar el contenido de arcilla en un suelo determinado. Se debe considerar que este componente es el principal responsable de mejorar la capacidad portante de los muros construidos con unidades de albañilería de tierra, como el adobe, o mediante técnicas de tierra compactada, como la tapia.

Se debe seguir las siguientes pautas:

- Se debe conseguir cuatro esferas con la muestra de barro seleccionado, la operación se realiza con la palma de las manos. Para el que se recomienda, agregar la cantidad de agua necesaria, de tal forma que las esferas al secarse no pierdan la forma original notoriamente.

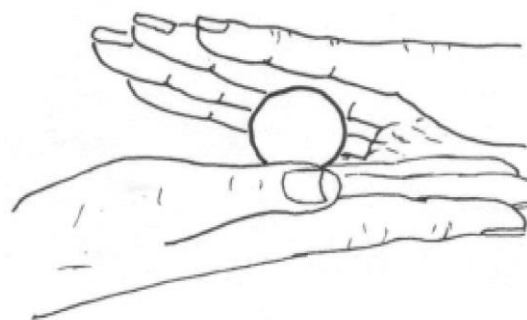


Figura 2. Prueba resistencia seca (elaboración de bolita de barro)
Fuente. RNE 2017 (Norma E.080)

- Las cuatro esferas deberán secarse de preferencia bajo sombra, exentos de la humedad, lluvia y otros eventos que pueden alterar el correcto secado. El proceso de secado deberá tomar 48 horas.

- Después del período de secado, las esferas serán probadas al aplastamiento, el cual será realizado utilizando los dedos pulgar e índice.

Si todas las esferas resisten la prueba sin sufrir daños, como roturas, fracturas o grietas, se considera que el suelo es adecuado para la elaboración de adobes. Sin embargo, si al menos una de ellas se daña, la prueba deberá repetirse siguiendo el mismo procedimiento, utilizando el mismo material y bajo las mismas condiciones.



Figura 3. Prueba resistencia seca (prueba de la bolita de barro)
Fuente. RNE 2017 (Norma E.080)

Entonces, realizada la prueba de aplastamiento con los dedos otra vez, si se observa que por lo menos una de las esferas se dañó de las maneras referidas, es indicativo de que el suelo no es adecuado para la elaboración de adobes.

Prueba de Control de Fisuras o Dosificación Suelo-Arena Gruesa

(24) Establece el siguiente procedimiento para esta prueba, que sirve para conocer las proporciones de arcilla y arena gruesa:

- Se elaboran unidades muestrales, especie de emparedados formados por dos adobes, los que deben estar unidos por morteros recién elaborados. Los mismos deben contener la cantidad óptima de agua de tal manera que lo convierta en una masa trabajable.

- En la elaboración de las unidades muestrales, el contenido de arena gruesa en el mortero irá incrementando de muestra a muestra, así como la cantidad de agua variará conforme a su requerimiento. La dosificación inicial estará compuesta de las siguientes partes: 1 porción de suelo y 0 porciones de arena gruesa (1:0).

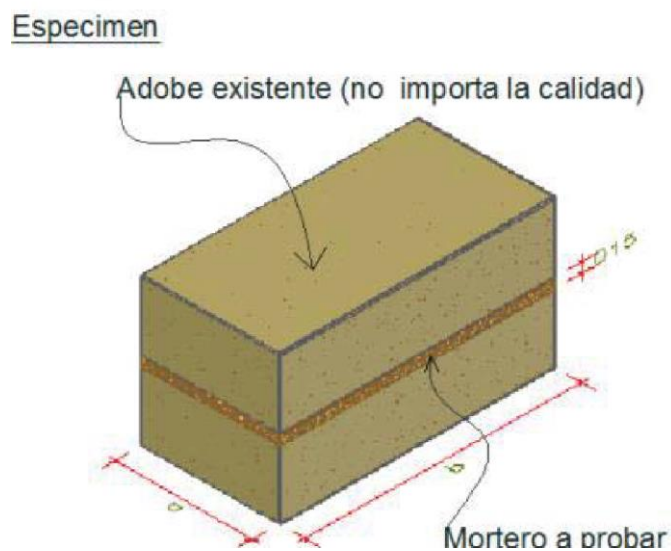
- A continuación, la segunda unidad muestral estará compuesta de las siguientes partes: 1 porción de suelo y 0.5 porciones de arena gruesa (1:0.5).

- Así, la tercera unidad muestral, se compondrá de las siguientes partes: 1 porción de suelo y 1 porción de arena gruesa (1:1), así sucesivamente, hasta alcanzar una proporción de 1: 3.

- Después de haber dejado para el secado un período de 48 horas, en el orden que fueron elaborados, las unidades muestrales son verificados una tras otra, para observar el estado de los morteros.

- Se selecciona, como adecuado, al mortero de la unidad muestral que no tiene fisuras apreciables a simple vista.

- Cuando el mortero no tiene presencia de fisuras visibles, es indicativo de que ya no requiere de la adición de arena gruesa, entendiéndose que la proporción de arcilla se encuentra dentro de los márgenes adecuados. Estos dos elementos son la columna vertebral que definirán la calidad de la mezcla.



*Figura 4. Prueba de control de fisura
Fuente. RNE 2017 (Norma E.080)*

Ensayos de laboratorio para seleccionar tierra para adobe

Contenido de Humedad

Se entiende como la proporción de agua presente en una determinada masa de suelo, expresada en porcentaje, en relación con la cantidad de sólidos en la misma, ambos medidos en unidades de peso. El procedimiento para este ensayo se encuentra detallado en la norma MTC E 108 – 2016, la cual se adjunta en el Anexo 2.

Granulometría

Por lo general, el tamizado es el procedimiento empleado para la granulometría, aunque existe también la posibilidad de realizarlo mediante la sedimentación. Esto, depende de las particularidades de la muestra. Las directrices para la prueba están estipuladas en la norma ASTM D-422, agregados

finos, la cual, considerando el tamaño de las partículas presentes en una muestra, los agrupa en rangos. Las directrices para el análisis granulométrico están consideradas en la norma del MTC E 107 – 2016, la cual se adjunta en el Anexo 2.

Límites de Atterberg (Límites de Consistencia)

Límite Líquido (LL)

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado al horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

Los conceptos originales para el procedimiento de la prueba fueron considerados en las normas ASTM D-4318 y AASHTO T-89, de las cuales, se abstraigo y adecuado para la realidad nacional, y se encuentra en la norma del MTC E 110 – 2016, la cual se adjunta en el Anexo 2.

Límite Plástico (LP)

Con historial normativo similar a la anterior, la norma del MTC E 108 – 2016, considera los lineamientos a seguir para su realización, la cual se adjunta en el Anexo 2. Como principio, es la determinación del límite entre el estado plástico y semisólido. Para este procedimiento, se emplea la misma muestra de tierra que fue usado en el ensayo de límite líquido.

Índice de Plasticidad (IP)

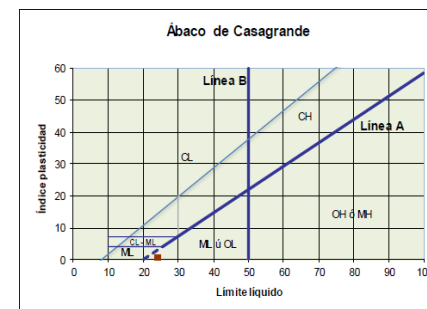
Resulta de la diferencia simple entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP).

* Existen 2 sistemas para clasificación de suelos muy conocidas a nivel internacional, que son el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el AASHTO (American Association Standards Highway Transportation Officials). Con los cuales, los laboratorios, una vez caracterizado, clasifican una muestra de tierra en particular. En este estudio, por conveniencia se opta por el SUCS.

Tabla 3. Clasificación de suelos por SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4.76 mm)	Gravas limpias (Sin o con pocos finos)	GM	Gravas, bien graduadas, mezclas grava - arena, pocos finos o sin finos.	CU = $D_{60}/D_{10} > 4$ CC. = $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4. Límites de Atterberg sobre de la línea A o IP > 7. CU = $D_{60}/D_{10} > 6$ CC. = $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4. Límites de Atterberg sobre de la línea A o IP > 7. Zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		Gravas limpias (Sin o con pocos finos)	GP	Gravas, mal graduadas, mezclas grava - arena, pocos finos o sin finos.	
		Gravas limpias (Sin o con pocos finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava - arena - limo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava - arena - arcilla.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4.76 mm).	Arenas limpias (Poco o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
		Arenas con finos (Apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	
			ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos, finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos inorgánicos	
	Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico	

Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% - >GW, GP, SW, SP. >12% - >GM, GC, SM, SC. 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.



Fuente. Borselli, 2017

2.2.1.5. Elaboración del adobe

Identificación del Tipo de Tierra

Conocido la composición del adobe o tierra adecuada para su elaboración, se realizan las pruebas de campo como las descritas en la sección «**Ensayos de campo para seleccionar tierra para adobe**», así mismo, si fuera posible se puede apoyar con pruebas de laboratorio como las descritas en la sección **Ensayos de laboratorio para seleccionar tierra para adobe**».

De esta manera, se identificará la cantera con tierra de buenas características para la elaboración del adobe.

Además de los ensayos mencionados, existen otras pruebas de campo que diversos autores han descrito en la literatura especializada y que pueden aplicarse de acuerdo con la conveniencia o la necesidad del proyecto.

(En concordancia con «Edificación Antisísmica de Adobe» (Manual de Construcción del Ministerio de Vivienda) (25), se manifiestan varios aspectos similares en la elaboración del adobe. Por ejemplo, para reconocer una buena tierra, además de las pruebas descritas anteriormente, el manual sugiere realizar la Prueba del Rollo, la cual se ejecuta según la siguiente imagen.

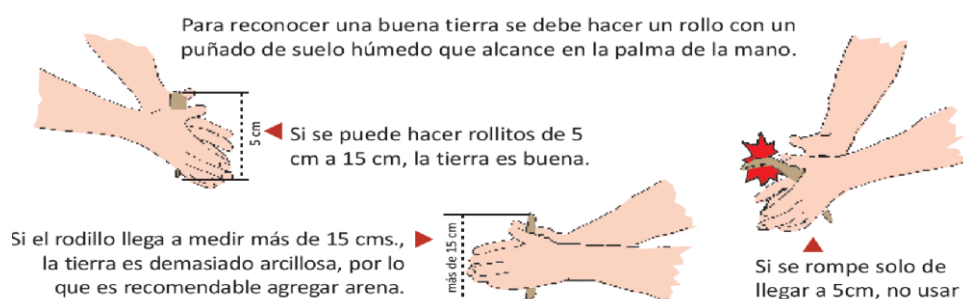


Figura 5. Prueba del rollo

Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

Preparación de Barro

Para llevar a cabo este proceso, como etapa previa, es fundamental considerar las recomendaciones descritas en la sección **Composición del adobe**.

A continuación, se puede seguir el siguiente procedimiento: primero, se zarandea o cierne la tierra como material base. Luego, si se emplea un estabilizante, este debe agregarse y mezclarse con la ayuda de una herramienta hasta obtener una combinación homogénea. En este

punto, se puede incorporar paja o su equivalente, o bien añadirla más adelante. Posteriormente, la mezcla debe someterse a un proceso denominado "dormido" durante un mínimo de dos días.

Una vez superada esta fase, se retoma el material hidratado y se procede a su amasado con los pies, realizando los volteos necesarios y agregando agua de manera gradual si fuese necesario, hasta alcanzar la humedad adecuada. Finalmente, en caso de no haberse incorporado previamente, se añade la paja o su equivalente para completar la mezcla.

Según (24), el término "dormido" hace referencia al procedimiento en el que se añade agua a la tierra previamente seleccionada y zarandeada, destinada a la fabricación de adobes o mortero. Opcionalmente, la tierra puede contener paja desde el inicio del proceso. Este procedimiento preliminar tiene como finalidad permitir que, durante un período de 48 horas, la humedad alcance la totalidad de los componentes del suelo, logrando así la máxima hidratación y activación de las partículas de arcilla presentes.

El manual de construcción considera los siguientes materiales y herramientas:

Elaboración del adobe

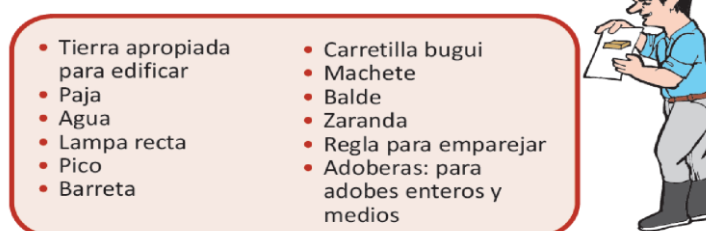


Figura 6. Materiales, equipos y herramientas para elaborar adobe
Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

Moldeo

Como paso inicial para el moldeo, se debió definir las dimensiones que tendrá el adobe. Al respecto existen algunos dimensionamientos recomendados y el usuario deberá elegir de acuerdo a su requerimiento y preferencia.

Como paso inicial para el moldeo, se debían definir las dimensiones del adobe. Al respecto, existen algunas medidas recomendadas, y el usuario deberá elegir de acuerdo con sus requerimientos y preferencias.

Según lo señalado en «El adobe (Definición)» (24), uno de los documentos más importantes en la materia, se contiene recomendaciones sobre las dimensiones del adobe.

El Manual de Construcción, en concordancia con la norma, también describe formas y dimensiones similares. Sin embargo, enfatice que el adobe con mejores cualidades para la construcción es el de $0.40\text{ m} \times 0.40\text{ m} \times 0.08\text{ m}$.



Figura 7. Dimensiones del adobe
Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

Entonces, según al manual de construcción referido, se puede seguir los siguientes pasos:

- Preparar el molde o la adobera. Siendo el recomendado el de $0.40\text{ m} \times 0.40\text{ m} \times 0.08\text{ m}$.
- Colocar porciones de barro en la adobera, lanzándolos con fuerza para conseguir un buen moldeo. La adobera debe estar mojada y rociada con arena fina para que el adobe fresco no se pegue durante el desmoldeo.
- Llenar el barro hasta el ras de la adobera, para lo cual se hace uso de una regla para emparejarlo.



Figura 8. Elaboración del adobe
Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

Secado

(24) Define el secado como el proceso de evaporación del agua presente en la tierra húmeda, el cual debe controlarse para que esta evaporación sea lenta, mientras la arcilla y el barro se contraen y adquieren resistencia. Si la contracción ocurre de manera rápida, se generan fisuras.

Además, la norma señala que, para lograr un secado lento del bloque de adobe, este debe realizarse en áreas adecuadas, como tendales en el piso, evitando la exposición directa al sol y al viento.

El tendal debe ser preferentemente un suelo natural nivelado, con una capa de arena fina espolvoreada para facilitar la contracción durante el secado.

Un adobe de calidad no debe presentar impurezas en su macroestructura, grietas u otras deficiencias que reduzcan su capacidad de resistencia y durabilidad.

En cuanto al tiempo de secado, aunque la norma no lo especifica de manera directa, en varios apartados de la sección «**Esfuerzos de rotura mínimas. Ensayos de laboratorio**», se indica que las muestras a probar deben tener un secado de 28 días.

Al respecto, el Manual de Construcción recomienda:

- Dejar que el adobe seque aproximadamente entre 24 a 48 horas en la adobera.
- Desmoldar el adobe en una superficie plana y seca, previamente espolvoreado con arena para facilitar la contracción durante el secado.
- Retirar la adobera utilizando las agarraderas y voltear el adobe con rapidez. Esta operación debe realizarse con cuidado para que el adobe no pierda su forma original.

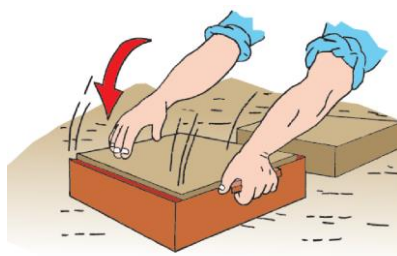


Figura 9. Volteo del adobe
Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

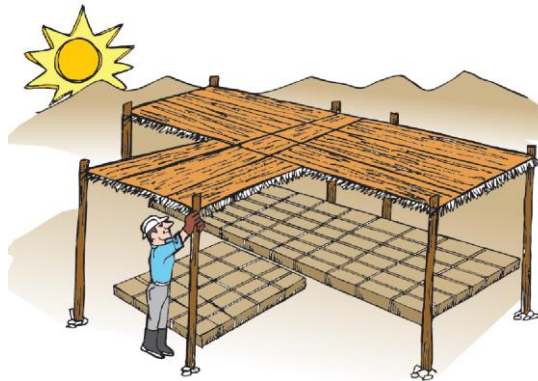


Figura 10. Secado del adobe

Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

Entre otros aspectos, considera lo siguiente:



Figura 11. Manejo del adobe

Fuente. Edificación antisísmica de adobe (Manual de construcción)

2.2.2. Estabilización del adobe

La estabilización del adobe consiste en el cambio estructural molecular del suelo utilizado en su elaboración, generado por la presencia de partículas adicionales que, a través de reacciones químicas y físicas internas, otorgan un ordenamiento estructural distinto al original. Esto mejora propiedades como la resistencia a la compresión, la capacidad portante, la respuesta a la humedad y la reducción del cambio volumétrico cuando la mezcla de suelo para adobe se moja y posteriormente se seca una vez moldeada.

La estabilización se logra mediante la adición de diferentes sustancias conocidas como estabilizantes o aditivos, ya sean de origen natural (animal o vegetal) o artificial, las cuales influyen en el sistema aire-agua-partícula sólida del suelo.

Métodos de estabilización

Se diversos métodos de estabilización que, según la acción que ejercen sobre las partículas de tierra, se clasifican en tres tipos: estabilización física, mecánica y química.

a. Estabilización física

Este procedimiento modifica la composición del suelo a nivel granulométrico, con el objetivo de mejorar sus características.

Puede obtenerse los beneficios siguientes:

Aumento de cohesión

Ocurre cuando las partículas del estabilizante poseen propiedades aglutinantes que unen las partículas del suelo. Por ejemplo, si la mezcla de adobe contiene un exceso de arena, se debe agregar arcilla para aumentar la cohesividad, ya que el exceso de arena gruesa provoca disgregación de partículas, lo que reduce la resistencia a esfuerzos externos.

Además, una correcta mezcla y curado también favorecen la cohesión.

Reducción de la retracción

En contraposición a lo descrito en la sección anterior (**Aumento de cohesión**), la excesiva cantidad de aglutinante en una mezcla no es buena, en materiales sometidos a calor, reducirá el volumen considerablemente y será necesario añadir una sustancia con partículas gruesas para calibrarla. Se ilustra el caso, como se sabe, la tierra como componentes principales posee a la arena, arcilla y limo, pero si la arcilla está en demasía, el adobe se retraerá durante el secado en mayores proporciones a lo deseado. Por lo que será necesario aumentar arena gruesa para equilibrar la composición.

Los estabilizantes como las fibras contrarrestan las fuerzas de dilatación y las contractivas que causa el secado; porque el material fibroso adherido al medio sólido circundante tiene la propiedad de formar redes. Las fibras pueden ser de distinta naturaleza como la paja “ichu”, gramíneas, tallos de maíz, virutas, cáscaras de coco o de arroz, entre otros, que son de origen vegetal. O como la lana, la fibra de la cola de caballo, la fibra de llama, el huanaco, etc., que son de origen animal. Los estabilizantes, como estos, deben añadirse en estado seco, al no ser así, entrarán a un proceso de putrefacción.

Incremento de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión de un determinado material está en directa relación a su distribución granulométrica y presencia porcentual de partículas ligantes y granulares principalmente.

Del que se afirma que, la composición granulométrica de la mezcla para la elaboración del adobe, sumado a la compactación dinámica y contenido de agua, será de vital importancia para conseguir incremento en la resistencia a compresión. Por lo que, la estabilización física es una alternativa necesaria para obtener dicho propósito.

b. Estabilización mecánica

Proceso mecánico, orientado a conseguir mayor densidad de masa, por la reducción o eliminación de espacios vacíos en la estructura interna del suelo, con lo que se mejora sus propiedades de resistencia. En este tipo de estabilización las reacciones químicas son mínimas. El adobe se compacta de forma estática o dinámica para aumentar la compacidad.

Puede obtenerse el beneficio siguiente:

Incremento de la resistencia a compresión

La estabilización mecánica se basa en la compresión o prensado de la unidad de adobe, buscando reducir o eliminar los espacios vacíos u ocupados por agua dentro de la estructura de suelo, prensas ya sea manual o mecánicas, capaces de ejercer fuerzas necesarias para comprimir las masas de suelo confiriéndole una mejor densidad que le hará más resistente a fuerzas de compresión cuando al ser utilizadas.

Dicho incremento puede ser variable, en vista que intervienen diferentes factores, como el método y tiempo de mezclado, cantidad de agua vertida a la mezcla. Incorporar el volumen de agua adecuado es esencialmente necesario, ya que, de esto, dependerá el grado de compactación que pueda alcanzarse. Una conocida prueba que puede apoyar para indicar la humedad óptima al cual se puede conseguir el máximo compactado es la Prueba Proctor, Estándar o modificado, siendo recomendable, el segundo.

El adobe sometido a una estabilización mecánica se comporta de forma similar que el adobe sin estabilizar con este método frente a condiciones externas, por lo que el prensado en este sentido no sería obligatorio.

En años recientes se realizaron investigaciones, en los cuales la estabilización mecánica es utilizada como complemento de una estabilización química (uso de aditivos), obteniéndose resultados significativamente superiores a aquellos que no usaban la compactación mecánica como complemento.

c. Estabilización química

Es la alteración de las propiedades del suelo al cambiar su composición química. Tal cambio se produce al añadirse aditivos como por ejemplo cal, cemento, cenizas de carbón o mediante la adición de productos químicos como polímeros, resinas y enzimas. Y, en general, los aditivos pueden ser de origen natural o artificial (manufacturados).

Puede obtenerse los beneficios siguientes:

Reducción de las fisuras provocadas por la retracción

Las fisuras provocadas por la retracción se deben principalmente a la pérdida de volumen por la evaporación del agua en el proceso de secado del adobe, el cual dependerá principalmente del grado de humedad, composición granulométrica del suelo, intensidad de rayos solares recibida, entre otros factores como la lluvia y corrientes de viento, por ejemplo.

Para contrarrestar este efecto existen aditivos con propiedades amortiguadores que se pueden añadir a la mezcla homogéneamente del adobe. Muchos de estos productos de acuerdo con sus especificaciones, requieren del curado.

Estabilización contra el agua

Más allá que las viviendas son diseñadas con aleros para protegerse de las precipitaciones pluviales, y como acciones secundarias, a veces se colocan plásticos u otro material en forma de franja horizontal en la parte baja del muro exterior de la vivienda. Del mismo modo, con algún tipo de cimientado o sobrecimiento para contrarrestar la humedad proveniente del suelo.

Para estos casos, se pueden incorporar estabilizantes (aditivos) con propiedades capaces de actuar como impermeabilizantes contra el agua o hacer resistente a las partículas contra la acción de este. Por lo que, sería importante el uso de estos aditivos, en las edificaciones, ya que todas ellas casi siempre están sometidos a acciones de la humedad.

Aumento de cohesión

Naturalmente, la cohesión viene dada por la presencia de arcilla en la tierra y funciona positivamente cuando se encuentra en un porcentaje adecuado. Frente a la deficiencia de esta o cuando se quiere conseguir mejora adicional de la cohesión, es posible incorporar estabilizantes (aditivos).

Existen ciertos productos de origen animal, vegetal o mineral con propiedades de incrementar la cohesión.

Ya se demostraron en muchos estudios que el uso, por ejemplo, de caseína, estiércol, suero, aceite de linaza doblemente cocido, orina, cola de cal, entre otros, aumenta la cohesión de las partículas de tierra.

Como recomendación general, para el uso de estos productos, es necesario hacer pruebas preliminares, en vista que, el tipo de tierra utilizado en los estudios en cuestión pueden diferir en características.

Incremento de la resistencia a compresión

Existen aditivos con capacidad de mejorar la resistencia a la compresión.

Por ejemplo, los aditivos minerales, como la cal y el cemento, son frecuentemente utilizados y de estudio común en el diseño del adobe estabilizado. Estos estabilizantes, además de proteger de agentes externos al adobe, incrementan su propiedad de resistencia a la compresión.

2.2.3. Ceniza de residuo de tarwi

2.2.3.1. Definición del tarwi

El tarwi, planta ancestral con origen en los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador, de nombre científico, *Lupinus mutabilis Sweet*, es una especie anual perteneciente a la familia de las leguminosas. Del cual, se posee evidencias que los habitantes antes de los incas ya las cultivaban para su consumo. En los países mencionados, se encuentran la mayor diversidad genética de este cultivo (26).

Por sus características únicas de adaptarse a los cambios climáticos, por ejemplo, a las bajas temperaturas, así mismo, a suelos con poca fertilidad, es apreciada como la semilla del futuro. En el Perú se cultiva sobre todo en la sierra.

En nuestro país, se conoce como “chocho” o “lupino”, similarmente en Colombia y Ecuador es llamado “chocho”. Mientras, en el idioma Quechua, se le denomina como tarwi o tarhui hacia el centro y centro sur del Perú; en el Aymara se le dice tauri, hacia el sur del Lago Titicaca tanto de Perú como de nuestro vecino Bolivia y, como chuchus muti entre los quechua hablantes de Cochabamba (26).

Según datos que maneja el área de estadística del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), las regiones que poseen las mayores áreas de cultivo de tarwi son en orden de importancia, La Libertad, Cusco, Apurímac, Puno y Huánuco, que representan un promedio del 85% de la producción nacional. A todo esto, se señala que, es la Región Apurímac, la que incrementó sus áreas de cultivo en 17.7% durante los últimos 5 años.

Tabla 4. Producción de tarwi según zonas de producción

REGION	Producción (Toneladas)						%	%
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Var.prom. (2015- 2020)	Participación 2020
Total	13,050	14,246	13,886	16,432	16,087	15,809	3.2%	
La Libertad	5,053	4,107	4,681	6,083	5,803	5,132	0.3%	32.5%
Cusco	2,163	3,052	3,050	3,067	2,576	3,050	5.9%	19.3%
Apurímac	937	1,581	1,727	2,333	2,212	2,491	17.7%	15.8%
Puno	1,782	1,737	1,447	1,411	1,428	1,305	3.6%	8.3%
Huánuco	1,129	1,011	1,079	1,024	1,251	1,346	3.0%	8.5%
Cajamarca	370	470	315	455	871	832	2.8%	5.3%
Junín	247	523	562	595	651	732	19.9%	4.6%
Áncash	642	159	386	877	430	430	-7.7%	2.7%
Huancavelica	826	573	572	485	692	582	-5.7%	3.7%
Ayacucho	459	478	789	555	399	409	-21.3%	2.6%
Amazonas	71	76	66	89	70	62	-2.2%	0.4%
Pasco	13	46	8				-13.5%	0.0%

Fuente. Análisis de Mercado (MIDAGRI)

En general, la producción del tarwi en el Perú, entre los años 2015 y 2020, tuvo un crecimiento de 2.3% anual. Siendo un indicador positivo, pero el período en el que se obtuvo los niveles más altos de producción fue entre el 2018 al 2019. Y siendo el 2020, el mejor año para el precio en chacra.

Tabla 5. Perú: Indicadores de producción de tarwi

Indicadores	2015	2016	2017	2018	2019	2020	% Var. prom. (2015-2020)
Producción (Tn)	13,050	14,246	13,886	16,432	16,087	15,809	3.2%
Superficie cosechada (ha)	9,851	11,275	10,504	11,716	11,747	11,307	2.3%
Rendimiento (Kg/Ha)	1,325	1,264	1,322	1,403	1,369	1,398	0.9%
Precio promedio en chacra	3.88	3.32	3.12	3.34	3.38	4.09	0.9%

Fuente. Análisis de Mercado (MIDAGRI)

2.2.3.2. Ceniza de residuo de tarwi

Entendiendo que, el residuo de tarwi es todo aquel material vegetal que queda como desperdicio después de haber cosechado los granos de esta especie vegetal, la ceniza de residuo de tarwi, se define como el producto de la combustión de ese residuo, polvo mineral de color gris, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles.

En años relativamente recientes, la ceniza de residuo de tarwi, se convirtió, entre otros, en uno de los materiales objeto de estudio como estabilizante en la adición a diferentes materiales de construcción, llámese, adobe, tapial, concreto, etc.

Para su uso como estabilizante, la ceniza de residuo de tarwi y en general todas las cenizas, deben cumplir ciertas características o parámetros, entre otras, como las siguientes:

Características físicas:

La Norma ASTM C618 - 19 (American Society for Testing and Materials), considera que las cenizas para ser usados en la fabricación de hormigón deberían cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla.

Tabla 6. Especificaciones físicas para las cenizas

DESCRIPCIÓN	CLASE C	CLASE F
Finura:		
Cantidad retenida después de tamizado en húmedo en un tamiz de 45 µm (No. 325), máx., % ^A	34	34
Índice de actividad de resistencia: ^A		
- Con cemento portland, a 7 días, mín., porcentaje de control	75 ^B	75 ^B
-Con cemento portland, a 28 días, mín., porcentaje de control	75 ^B	75 ^B
- Necesidades de agua, máx., porcentaje de control	105	105
Solidez: ^C		
Expansión o contracción en autoclave, máx., %	0,8	0,8
Requisitos de homogeneidad:		
La densidad y finura de las muestras individuales no deberá variar respecto al promedio establecido por las diez pruebas anteriores, o por todas las pruebas anteriores si el número es menor que diez, por más de:		
Densidad, variación máxima respecto al promedio, %	5	5
Porcentaje retenido en 45 µm (No. 325), variación máx., puntos porcentuales respecto al promedio	5	5

Fuente. Norma ASTM C618 - 19, 2019

Características químicas:

La Norma ASTM C618 - 19 (American Society for Testing and Materials), considera que las cenizas para ser usados en la fabricación de hormigón deberían cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla.

Tabla 7. Especificaciones químicas para las cenizas

DESCRIPCIÓN	CLASE C	CLASE F
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	≥50%	≥50%
CaO	<18%	≤18%
SO ₃	≤5%	≤5%
Contenido de humedad	≤3%	≤3%
Pérdida en ignición	≤6%	≤6%

Fuente. Norma ASTM C618 - 19, 2019

Clase C: Son cenizas provenientes de la combustión de lignitos y carbones sub bituminosos, tal como refiere la tabla con contenido de SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ mayor al 50% y de CaO (cal) mayor al 10%. Con estos requerimientos podrán ser empleados en hormigones, ya que les confiere propiedades cimenticias y puzolánicas. En general, son cenizas bastante hidrofílicas, ya que, al entrar en contacto con el agua, sufren un proceso de hidratación para luego fraguar y endurecerse.

Clase F: Son cenizas provenientes principalmente de la combustión de antracitas y carbones bituminosos, con contenido de SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ mayor al 70% y CaO (cal) menor al 10%. Estas cenizas son las que se producen en mayor cantidad debido a su uso por sus características puzolánicas de mayor eficiencia, actuando como ligantes al reaccionar con las partículas de cal o cemento.

2.2.3.3. Composición de la ceniza de residuo de tarwi

Se hace referencia a los resultados de análisis de laboratorio de dos investigaciones (tesis), ambos desarrollados sobre la adición de esta al concreto. El primer estudio, desarrollado por Mallqui (27) en su tesis titulada «Influencia en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al sustituir cemento por ceniza de tallo de tarwi, Huaraz - 2022», incluyó un análisis realizado en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo. Dicho análisis evidencia que la ceniza de tallo de tarwi está compuesta principalmente por óxidos, los cuales también se encuentran en el cemento portland, la cal y otros materiales calcáreos.

Tabla 8. Composición química de la ceniza de tallo de tarwi

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
DIÓXIDO DE SILICIO (SiO ₂)	19.86	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
ÓXIDO DE CALCIO (CaO)	53.95	
TRIÓXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	15.16	
TRIÓXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	0.37	
ÓXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	3.68	
ÓXIDO DE TITANIO (TiO)	0.11	
ÓXIDO DE ESTRONCIO (SrO)	0.05	
ÓXIDO DE COBRE (CuO)	<0.01	
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	0.58	
ÓXIDO DE ZINC (ZnO)	<0.01	
ÓXIDO DE MANGANESO (MnO)	0.16	
PÉRDIDA AL FUEGO	6.08	

Fuente. Mallqui, 2022

El segundo estudio, desarrollado por Quispe (28) en su tesis titulada «Adición de ceniza de tarwi en la producción de concreto de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ » (2019), consistió en el análisis de la ceniza de residuo de tarwi en el Laboratorio Analítico del Sur EIRL, ubicado en la ciudad de Juliaca. Dicho análisis permitió verificar la presencia de componentes, principalmente óxidos, similares a los presentados en la tabla anterior, así como otros compuestos adicionales. Sin embargo, los porcentajes de dichos componentes presentaron cierta variabilidad en comparación con estudios anteriores.

Tabla 9. Composición de óxidos y compuestos de la ceniza de residuo de tarwi

Óxidos de la Ceniza de tarwi			Compuestos de la ceniza de tarwi (%)	
CaO	23.97	%	C ₃ S	17.24
SiO ₂	6.72	%	C ₂ S	6.26
Al ₂ O ₃	3.30	%	C ₃ A	6.05
Fe ₂ O ₃	1.59	%	C ₄ AF	4.83
SO ₃	1.69	%		
MgO	8.25	%		
Mn ₂ O ₃	0.34	%		
K ₂ O	21.36	%		
Na ₂ O	9.68	%		
LOI	3.89	%		

Fuente. Quispe, 2019

Si bien existen diferencias particulares, se puede notar que son típicos los componentes como los óxidos, los cuales representan la mayor parte de su composición.

2.2.3.4. Usos de la ceniza de residuo de tarwi

• Repelente

La ceniza de residuo de la cosecha de tarwi, tales como los tallos, es un repelente natural usado en los cultivos de plantas anuales para ahuyentar insectos de comportamientos distintos como los chupadores, raspadores, perforadores y cortadores que dañan las hojas tiernas de las plantas jóvenes principalmente.

• Biocida

El agua y la ceniza de tarwi se utilizan como biocidas para eliminar ácaros, áfidos, loritos verdes, entre otros; que son insectos o plagas que pueden convertirse en patógenos muy dañinos capaces de perjudicar muchas especies de cultivo para el consumo humano.

• Estabilizante

La ceniza de residuo de tarwi, quemado a temperaturas controladas, tamizadas las partículas y sin contaminantes, puede resultar un estabilizante con niveles aceptables de sílice y alúmina. Algo fundamental, ya que son componentes capaces de mejorar las propiedades de los materiales de construcción donde son empleados como estabilizantes.

2.2.4. Ensayos mecánicos para el adobe

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

Resistencia a la compresión axial

La compresión axial es la fuerza aplicada que actúa directamente sobre el centro axial de la muestra de adobe en la dirección del eje longitudinal. La fuerza que el adobe ofrece en sentido contrario a la fuerza aplicada es la resistencia a la compresión axial.

(24) Considera los siguientes criterios para el desarrollo de los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia de cubos y murete.

Ensayo de compresión en cubos

- El material sometido a ensayo para medir su resistencia deben ser cubos (muestras) con 0.1m de arista.

- Las muestras sometidas a ensayos deben cumplir que, de un total de seis muestras, el promedio de los valores más altos de cuatro de ellas debe ser el mismo o superar la resistencia última $f_o = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$.

$$f_u = \frac{P_u}{A}$$

Donde:

f_u : Resistencia ultima a compresión (kg.f/cm²)

P_u : Carga Máxima aplicada (kg.f)

A : Área de contacto (cm²)

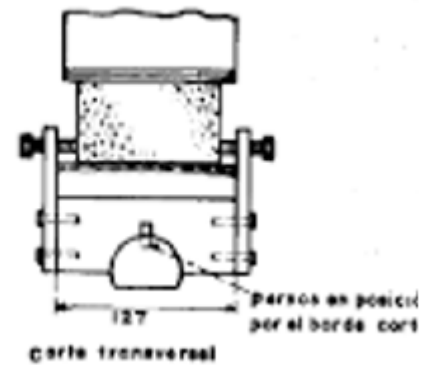


Figura 12. Ensayo de Compresión en cubo

Ensayo de compresión en murete (pila)

- Para este ensayo, la altura aproximada del murete de adobe o tapia debe ser el triple que el lado menor de la base.

- Se promedia los cuatro mejores valores de un total de seis muestras, el cual deberá ser igual o superior a la resistencia última de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm². La prueba se realiza cuando las muestras alcanzan una edad de 28 días.

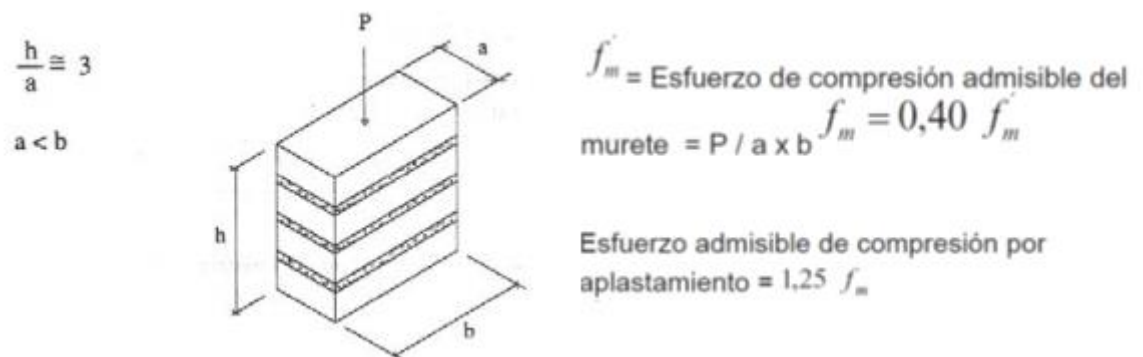


Figura 13. Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial
Fuente. RNE 2017 (Norma E.080)

Resistencia a la compresión diagonal

La compresión diagonal es la fuerza monótona aplicada (cortante) que actúa a lo largo de la diagonal de una muestra o estructura de adobe. La fuerza que la muestra o estructura de adobe ofrece en sentido contrario a la fuerza aplicada es la resistencia a la compresión diagonal. Los muretes se ensayan sometiéndolos a una fuerza de este tipo a lo largo de su diagonal.

(24) Considera los siguientes criterios para el desarrollo de los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia del murete.

Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta de muretes

- Para muretes a base de adobe o tapial con dimensiones aproximadas de 0,65 m x 0.65 m x e_m .

- Considerar que, de un total de seis (6) muestras, el promedio de los valores más altos de cuatro de ellas, debe ser el mismo, o superar la resistencia última de 0.025 MPa = 0.25 kgf/cm², después de 28 días de secado.

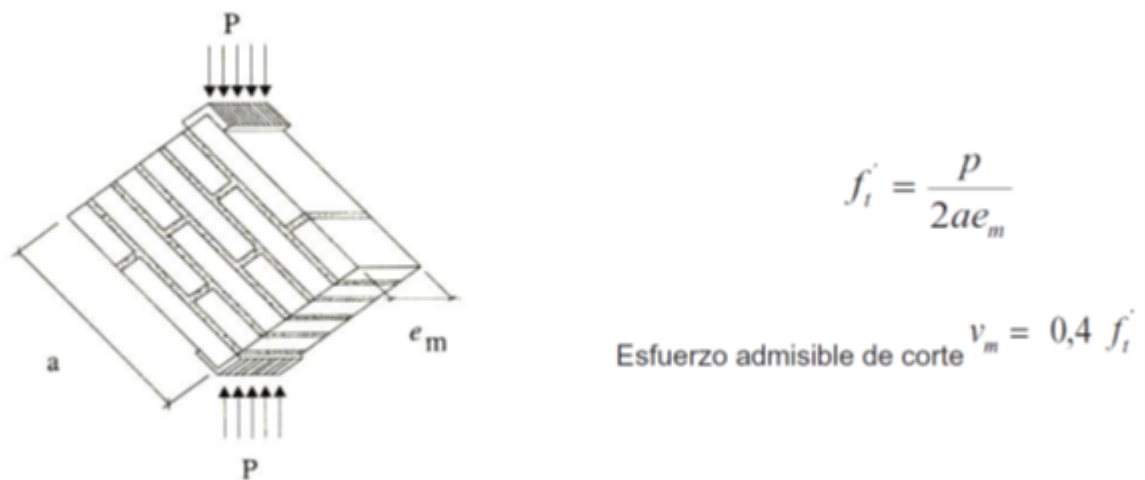


Figura 14. Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta
Fuente. RNE 2017 (Norma E.080)

2.3. Definición de términos básicos

Aditivo natural. Material o sustancia de origen natural como la paja “ichu” o la paja proveniente de la cosecha de algunas gramíneas, por ejemplo, que son materiales fibrosos que menguan los fisuramientos producidos por el proceso de secado. Existe una gran variedad de aditivos naturales que son incorporados para modificar las propiedades del elemento al cual se añaden.

Adobe. Material de construcción o elemento de albañilería elaborado a base de tierra cruda, el cual se comprime en un molde una vez producido la mezcla de barro y, puede llevar añadido paja “ichu” u otros aditamentos para mejorar sus cualidades comportamentales físicas y mecánicas.

Arcilla. Componente del suelo, único por su particular comportamiento expansivo y contractivo a la presencia o ausencia de agua. Tiene características ligantes que actúa sobre los

otros componentes inertes de la estructura del suelo. Es trabajable y moldeable al entrar en contacto con el agua y, puede adquirir una dureza y resistencia importantes al secarse. El tamaño de sus partículas está por debajo de dos micras (0.002 mm).

Arena fina. También componente del suelo, materia inerte que en comparación con la arcilla no sufre cambios importantes con la presencia del agua, es decir, es estable. En determinadas circunstancias, por su carácter sólido de origen mineral, puede actuar como sellador de espacios vacíos dentro de la estructura del suelo. De esta manera, al igual que el limo contribuye a una mayor densidad del suelo que le hace mejor como material constructivo. El tamaño de sus partículas se encuentra en el rango de 0.08 mm y 0.50 mm.

Arena gruesa. Otro componente inerte del suelo, proveniente de rocas, similar a la arena fina, de comportamiento estable al entrar en contacto con el agua. Su característica principal es ser el componente principal de la parte granular del suelo que, para elaborar el adobe, es fundamental su equilibrio frente a la presencia de la arcilla. El tamaño de sus partículas se encuentra en el rango de 0.6 mm y 4.75 mm (Normas Técnicas Peruanas y/o ASTM). La arena gruesa es la que fundamentalmente le confiere resistencia al adobe, a la vez que reduce el tamaño y el número de fisuras.

Ceniza de residuo de tarwi. Polvo de color gris claro, resultado de un proceso de incineración completa de residuo de tarwi, y está formado por compuestos como las sales alcalinas y térreas, sílice y óxidos metálicos.

Compresión. Aplicación de fuerzas internas equilibradas a diferentes puntos de un material o estructura, es decir, fuerzas sin suma neta o torque dirigidas para reducir su tamaño en una o más direcciones.

Compresión Axial. Fuerza aplicada en dirección del eje longitudinal de una estructura o elemento, desde la posición transversal de la misma.

Compresión Diagonal. Carga de compresión monótona a lo largo de la diagonal de un elemento o estructura.

Limo. Entre de los varios elementos llamados principales, el limo es otro de estos, material inerte de partícula fina proveniente de roca cuyas dimensiones pueden variar entre 0.002 mm y 0.08 mm. Al entrar en contacto con el agua se mantiene estable y no tiene propiedades ligantes.

Mortero. Se llama así, al barro preparado, completamente moldeable y trabajable, al cual se le añade normalmente paja “ichu” u otros para mejorar sus propiedades y, sirve como pegamento para las unidades de adobe en la construcción de una edificación.

Puzolana. Es un material de origen silicoide con propiedades particulares al entrar en contacto con el agua. A temperatura ambiente, la puzolana finamente molida sufre una reacción química con el hidróxido de calcio, cuyo resultado es un material con buenas propiedades de cimentación.

Resistencia. La resistencia es la fuerza ofrecida por una estructura o elemento en sentido contrario a la fuerza aplicada con la intención de deformarla, quebrarla, romperla o causarle algún daño permanente en su forma original.

Sílice. Materia compuesta de silicio y oxígeno (SiO_2), comúnmente utilizados en la fabricación de materiales de construcción como el cemento, por sus propiedades cementantes.

Tierra. Materia natural abundante sobre la superficie terrestre, que se usa como material de construcción desde tiempos inmemoriales. Sus componentes típicos son: arena gruesa, arena fina, limo y arcilla.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método y alcances de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicado. Según (29), este tipo de investigación consiste en realizar una revisión metódica y sistemática de diversas fuentes de información para sustentar las variables estudiadas. En este estudio, se emplearon conocimientos previos y definidos para generar nuevos conocimientos con el propósito de resolver un problema específico, pero no para descubrir un conocimiento nuevo. A partir del conocimiento de las propiedades químicas de la ceniza de residuo de tarwi y sus posibles efectos en la estabilización del adobe, se realizaron adiciones en diferentes porcentajes para verificar dichos efectos.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue explicativo. Según (30), este nivel de investigación busca identificar las causas que originan determinados fenómenos, estableciendo una relación de causa-efecto entre las variables. En este caso, se analizó el efecto que produce la adición de ceniza de residuo de tarwi en la estabilización del adobe. Las variables fueron estructuradas para verificar dicha relación, explicando los cambios que ocurren en la estructura del adobe al incorporar este aditivo natural.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue Cuasi Experimental. Cuando se plantea una investigación, se realiza como primer paso la definición del problema, para que a partir de ello también se definan las hipótesis. Entendiendo que las hipótesis son conjeturas anticipadas que deben ser respondidas con el resultado de un estudio, será necesaria encontrar un procedimiento

adecuado para averiguar la información necesaria que permitan obtener conclusiones valederas y capaces de responder a las hipótesis planteadas. Entonces, ese procedimiento empleado, es conocido como diseño de investigación (31). Del cual, una investigación experimental es aquella donde se tiene una variable o variables experimentales por comprobar y la que se realizará mediante un procedimiento rigurosamente controlado, con la finalidad de descubrir o explicar, la causa y el modo en que ocurre un fenómeno en particular. Las variables del presente estudio son la ceniza de residuo de tarwi y la estabilización del adobe, de los cuales se estableció la relación causa – efecto. Cuando la ceniza de residuo de tarwi se añade en diferentes porcentajes a la mezcla de barro con la intención de mejorar sus propiedades. Además, se compararán los resultados con el adobe artesanal de diseño convencional.

3.1.4. Método de investigación

El método o técnica de investigación fue Cuantitativo. (32), sostiene que el método de investigación cuantitativo o cuantitativa, utiliza instrumentos de medición cuyos valores numéricos representan a los indicadores de las variables estudiadas, con los que también se pueden elaborar tablas, realizar representaciones gráficas como las barras, entre otras, para mostrar los resultados obtenidos y de los cuales se obtienen conclusiones como respuestas finales de un determinado estudio. Así, en esta investigación, se estudiaron variables y sus indicadores, estos últimos fueron medidos y sus valores registrados numéricamente en un instrumento de recolección de datos con base en las observaciones realizadas. Los que permitieron obtener conclusiones generales y específicas, verificables y, a la vez estas, tienen la condición de ser repetibles.

La relación de causa entre las variables (características) de la adición de ceniza de residuo de tarwi para la estabilización del adobe, es la premisa que se estudió.

Y, pudiendo las hipótesis ser aceptadas o rechazadas, como afirmación final, en este caso, la hipótesis general fue rechazada, según los resultados obtenidos. Siendo, además, demostrables a través de medios estadísticos y/o matemáticos.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo conformada por 168 adobes elaborados artesanalmente, cantidad definida según el número requerido de unidades muestrales establecidos en la Norma E.080 para este tipo de estudio.

3.2.2. Muestra

La muestra fue igual a la población, es decir, 168 adobes con dimensiones de 0.15 mx 0.30 mx 0.10 m. Se empleó un muestreo no probabilístico, ya que no se utilizó ninguna fórmula estadística para seleccionar la muestra. Al tratarse de un estudio cuasi experimental, se demostró, a criterio del tesista, la totalidad de la población como muestra (33).

Las dimensiones del adobe fueron definidas en base a las consideraciones del Artículo 18 de la Norma E.080, que regula la calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe, así como las dimensiones tradicionales del adobe en la zona de estudio.

La muestra de 168 unidades de adobe artesanal se distribuyó de la siguiente manera:

- 42 unidades para el control del tratamiento.
- 126 unidades con diferentes porcentajes de adición de ceniza de residuo de tarwi, conformando el grupo experimental.

Tabla 10. Distribución de Muestras

DESCRIPCIÓN	ENSAYO	N. ° DE MUESTRAS	EDAD (Días)
Adobe tradicional con 0% de ceniza de residuo de tarwi	Resistencia a la compresión axial por unidad	6	28
	Resistencia a la compresión axial por pila	6	
	Resistencia a la compresión diagonal por murete	6	
Adobe con 1% de ceniza de residuo de tarwi	Resistencia a la compresión axial por unidad	6	28
	Resistencia a la compresión axial por pila	6	
	Resistencia a la compresión diagonal por murete	6	
Adobe con 2% de ceniza de residuo de tarwi	Resistencia a la compresión axial por unidad	6	28
	Resistencia a la compresión axial por pila	6	
	Resistencia a la compresión diagonal por murete	6	
Adobe con 3% de ceniza de residuo de tarwi	Resistencia a la compresión axial por unidad	6	28
	Resistencia a la compresión axial por pila	6	
	Resistencia a la compresión diagonal por murete	6	

3.2.3. Unidad muestral

Se tuvo tres tipos de unidades muestrales:

a) Muestra por unidad:

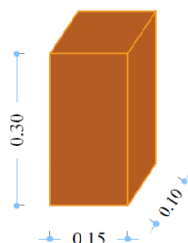


Figura 15. Muestra por unidad

Las variaciones dimensionales respecto a la Norma E.080 que, para los ensayos de compresión por unidad considera cubos de 0.10 m de arista, se debe a que, en este estudio se consideró a la unidad de albañilería (adobe) como unidad muestral (probeta), $a=0.15$ m, $l=0.30$ m y $h=0.10$ m, el cual, se sometió al ensayo de compresión axial por unidad.

b) Muestra por pila:

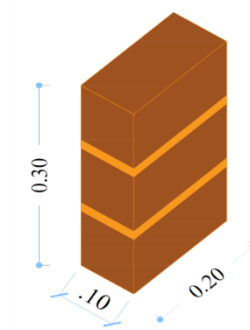


Figura 16. Muestra por pila

Cumpliendo las consideraciones de la Norma E.080 para este tipo de muestras, las pilas de esta investigación tuvieron las siguientes dimensiones, $a=0.10$ m, $l=0.20$ m y $h=0.30$ m. Donde, la altura de la probeta fue igual a tres veces mayor que la dimensión menor de la base (aproximadamente), tal como lo indica la norma. Los cuales, se sometieron a ensayos de compresión axial por pila.

c) Muestra por murete:

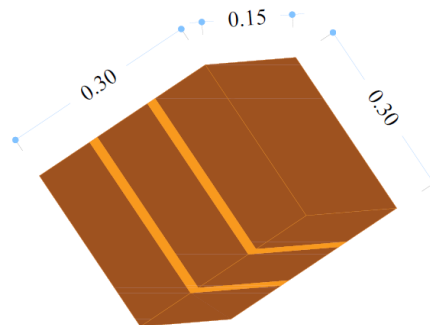


Figura 17. Muestra por murete

En las muestras (probetas) de murete, se tuvo que realizar una adecuación en el tamaño *a escala* a razón de que se presentó una limitación no prevista en el estudio. Una vez llegado el momento de realizar el ensayo de compresión diagonal por murete, se dio con la información que en la ciudad Andahuaylas no hay laboratorios de ensayos equipados con prensas hidráulicas con aberturas mayores a 40 cm. Según, lo indicado por la Norma E.080, las probetas para este

ensayo en esta investigación debieron tener las dimensiones de $a=0.65$ m, $l=0.65$ m, $e=0.15$ m. Ancho y largo que no podrían caber en las prensas hidráulicas señaladas. En cambio, se utilizaron probetas a escala, como se muestra en el anterior gráfico, $a=0.30$ m, $l=0.30$ m, $e=0.15$ m.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento y análisis de datos

3.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica de recolección de datos se empleó “la observación”. Los datos de los distintos resultados se registraron en formatos normalizados. Tanto para las pruebas en campo y los ensayos en laboratorio; como la prueba de cinta de barro o la lectura del marcador de la prensa hidráulica, por ejemplo. Los datos recolectados fueron sometidos a procesamiento estadístico y/o matemáticos.

3.3.2. Técnicas de procesamiento de datos

Los datos de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos, realizado el arreglo, tabulado y limpieza correspondiente, fueron procesados con software estadísticos como el SPSS y el programa Microsoft Office Excel.

Realizándose, pruebas como la Normalidad, Análisis de Varianza, entre otras operaciones adicionales que facilitaron el proceso de análisis.

3.3.3. Técnicas de análisis de datos

El análisis de datos se realizó principalmente por un procedimiento comparativo respecto al tratamiento T1 (0%) y, entre los tratamientos con contenido de ceniza de residuo de tarwi T2 (1%), T3 (2%) y T4 (3%). El que, proporcionó argumentos necesarios para confirmar o rechazar en última instancia la hipótesis general de la investigación. Los resultados fueron representados en cuadros, gráficos y otros.

3.4. Recursos utilizados para la recolección y procesamiento de datos

3.4.1. Equipos utilizados en la recolección de datos

La prensa hidráulica mostrada en la Figura 18, se utilizó para realizar los ensayos de resistencia a la compresión axial y diagonal. La cual, brindó datos para su procesamiento, con lo cual, se realizó el análisis para arribar a determinadas conclusiones.

Cabe indicar que, para un correcto desarrollo de los ensayos, la prensa hidráulica debe estar calibrada, la cual de realizarse en períodos de un año y no debe pasar los 13 meses como máximo, además de cumplir con las normas ASTM E 4.



Figura 18. Prensa hidráulica con marcador digital

También se hizo uso de otros recursos como los tamices para el estudio de granulometría, y otros requeridos para el ensayo de Límites de Atterberg (Límites de Consistencia). Tales como se muestran en la figura 19.



Figura 19. Balanza, Tamices, bandeja, Copa de Casagrande, horno, etc.

3.4.2. Programas utilizados para el procesamiento de datos

Los datos obtenidos de los ensayos de compresión, en la que se midió la resistencia; se procesaron mediante el programa estadístico SPSS, así mismo, con el programa Microsoft Office Excel.

3.5. Desarrollo de la investigación

3.5.1. Ensayos de campo para determinar la composición del suelo

Para determinar la cantera más apropiada de un total de tres, para la elaboración del adobe, se realizó las pruebas de cinta de barro y resistencia seca o presencia de arcilla, los cuales sirvieron para verificar el contenido de arcilla en la tierra de la cantera del Anexo Compuerta, la misma que fue seleccionada para elaborar el adobe.

Prueba Cinta de Barro

Se ejecutó esta prueba, siguiendo las pautas que establece (24) (desarrollada en la sección: Ensayos de campo para seleccionar tierra para adobe), con la finalidad de conocer la presencia proximal de arcilla en la tierra.

En cada cantera, se elaboraron cilindros de barro con tierra húmeda de longitud media de 30 cm, diámetro aproximado de 12 mm, para luego formar una cinta a partir de ella con 4mm de espesor promedio.

Posteriormente, se dejó colgar la cinta para observar la longitud a la que se cortaba por su propio peso, observándose que tal evento sucedió a 5 cm de longitud. De lo que se definió, como tierra arcillo - arenoso, aunque pobre en arcilla, cumplía en mínimo el parámetro de suelo arcillo – arenoso (adecuado), cuyo parámetro de medición es, cuando la longitud a la que se corta la cinta se encuentra entre los 5 y 15 cm.

Prueba Resistencia Seca o Presencia de Arcilla

Se realizó como prueba de corroboración a la anterior, esta prueba también sirve para conocer la presencia proximal de arcilla en la tierra, cuyas consideraciones a seguir en su realización también lo contempla (24) (desarrollada en la sección: Ensayos de campo para seleccionar tierra para adobe).

Se formó cuatro bolitas utilizando la palma de las manos, a partir de tierra humedecida, con cantidad de agua absolutamente necesaria, para que cuando las bolitas sequen no pierdan su forma original notoriamente.

Se dejaron secar bajo un ambiente controlado durante 48 horas. Luego se realizó el aplastamiento con los dedos pulgar e índice, a la prueba ninguna de las bolitas se rompió, pero llegó a mostrar fisuras muy finas, corroborando lo demostrado por la prueba cinta de barro.

3.5.2. Ensayos de laboratorio para determinar la composición del suelo

De los varios ensayos que existen, en este estudio se realizó los siguientes ensayos para clasificar el tipo de suelo de la cantera del Anexo Compuerta.

Granulometría

Este ensayo fue realizado en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.» en la ciudad San Jerónimo (Andahuaylas), ensayo que se realizó para conocer la composición granulométrica de la tierra. El resultado indica que, al utilizar la malla o tamiz N. ° 200, más de la mitad (50%) de la muestra pasó por esta, además de señalar que está compuesta por grava en 8.6% y arena en 91.4%

Los resultados de laboratorio se adjuntan en el Capítulo IV (Resultados) y Anexo 3 (Resultados de ensayos de laboratorio).

Su procedimiento está establecido en la *Norma Técnica Peruana NTP 339.128: 1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico*, la cual en su

edición primigenia tuvo como antecedente la norma ASTM D 422-63, Standard Test Method for Particle - Size Analysis of Soils, reprobado en 1990. La NTP estable el método para el análisis granulométrico por tamizado y sedimentación de los suelos, el cual sugiere utilizar uno de ellos o la combinación de ambos. Y, esta señala como criterio básico que, las partículas mayores que 75 μm se clasifican por tamizado (retenidos por el tamiz N.º 200). Mientras, para aquellas partículas menores que 75 μm se emplea el proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes para el que se utiliza un densímetro adecuado.

Límites de Atterberg (Límites de Consistencia)

Ensayo que lleva el nombre en honor a Albert Atterberg, quien con sus trabajos de investigación definió seis «Límites de Consistencia» para los suelos de grano fino. Pero, de los cuales, son 2 los que se usan con frecuencia en los trabajos de ingeniería que son, el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP). El aspecto procedimental de este ensayo está considerado en la *Norma Técnica Peruana NTP 339.129:1999 (revisada el 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos*, que tiene como antecedente inicial a la norma ASTM D 4318-93, Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. La NTP, establece los métodos de ensayo para determinar los límites y/o parámetros señalados de una muestra de suelo en estudio.

Límite Líquido (LL)

Para determinar el Límite Líquido (LL) de la muestra de suelo en estudio, el ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.». El resultado para la tierra seleccionada arrojó un Límite Líquido (LL) de 25.7% (porcentaje de humedad cuando la muestra se encuentra en el límite entre el estado líquido y plástico).

Los resultados de laboratorio se adjuntan en el Capítulo IV (Resultados) y Anexo 3 (Resultados de ensayos de laboratorio).

Para realizar el Límite Líquido (LL), la norma indica que se debe asumir un nivel de humedad arbitraria para la pasta de suelo preparado y se encuentra en la copa de Casagrande, del cual el surco central a lo largo de su fondo se cierra en una distancia de 13 mm, a razón de que se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm, a un ritmo de 2 golpes por segundo.

Límite Plástico (LP)

Ensayo que también se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.» y, en la que se utilizó la misma muestra empleada en el ensayo de Límite Líquido (LL). Cuyo resultado fue un Límite Plástico (LP) de 20% (porcentaje de humedad cuando la muestra se encuentra en el límite entre el estado plástico y semisólido).

Los resultados de laboratorio se adjuntan en el Capítulo IV (Resultados) y Anexo 3 (Resultados de ensayos de laboratorio).

Como para el caso del ensayo de Límite Líquido (LL), el método para el Límite plástico (LP) también está estipulada en la *Norma Técnica Peruana NTP 339.129:1999*, la que considera su procedimiento indicando que, para la muestra de suelo trabajado se asume un nivel de contenido de humedad arbitrario más bajo, con tales condiciones este debería resistir sin romperse cuando sean roladas en hilos de 3.2 mm.

Índice de Plasticidad (IP)

Entendiendo que, el Índice de Plasticidad (IP) resulta de la diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP), es decir, $IP = LL - LP$, el resultado arrojó un Índice de Plasticidad de 5.7% (porcentaje final indicativo de humedad de la muestra).

Con los datos de Límite Líquido (LL) e Índice de Plasticidad (IP), según la Carta de Casagrande, la tierra en ensayo corresponde a un tipo CL-ML (Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas - Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad).

Los resultados de laboratorio se adjuntan en el Capítulo IV (Resultados) y Anexo 2 (Resultados de ensayos de laboratorio).

Similarmente, a los anteriores, las consideraciones para el Índice de Plasticidad (IP) también se encuentran descritas en la *Norma Técnica Peruana NTP 339.129:1999*.

3.5.3. Ceniza de residuo de tarwi

El proceso de obtención de la ceniza de residuo de tarwi, consistía en tres etapas fundamentales: El primero fue el recojo (cosecha) en las chacras, la segunda fue la incineración

y, la tercera fue el recojo y traslado de la ceniza. La incineración se llevó a cabo en un lugar acondicionado próximo al área de recojo para obtener ceniza libre de impurezas.

Recojo (cosecha) de residuos de tarwi

Se llevó a cabo en dos chacras de la zona denominada como Mamapitqi del distrito Pacucha, Provincia Andahuaylas y Región Apurímac.



Figura 20. Ubicación de la zona de recojo (cosecha)
Fuente: Google earth

El recojo (cosecha) se realizó manualmente, sin que fuera necesario para ello herramientas, ya que, el residuo de tarwi en chacra todavía en pie, pero ya secos, tienen poca resistencia y es ligero a la extracción. En total, se extrajo 18 cargas, cada una equivalente a un promedio de 1 arroba.



Figura 21. Recojo (cosecha) de residuo de tarwi

Valiéndose solamente de una mantada para el carguío, el mismo que se hizo en varios viajes, se realizó el traslado del residuo de tarwi hasta el lugar de quemado.



Figura 22. Carguío de residuo de tarwi

Incineración de residuos de tarwi

Una vez trasladado, colocado y acondicionado el residuo de tarwi en el lugar de incineración, se procedió a la incineración a temperatura ambiente, la cual se llevó a cabo de forma gradual, conforme los volúmenes proporcionados al fuego iban siendo consumidos.



Figura 23. Quema de residuo de tarwi

El procedimiento se repitió hasta concluir con la quema total del residuo de tarwi acumulado. Debido a su alta temperatura de combustión, la ceniza obtenida, se dejó in situ durante 24 horas para su enfriamiento.



Figura 24. Ceniza fresca de residuo de tarwi

Recojo y traslado de la ceniza de residuo de tarwi

Pasado el tiempo, se trasladó a almacén en un recipiente metálico. Al pesado, se tuvo una cantidad total aproximada de 22 kg de ceniza de residuo de tarwi. Esta se pasó por un tamiz con una abertura de tejido de 1.35 mm (malla mosquitero verde) para separar las partículas de carbón, conseguir finura y uniformidad. Del cual, 14.21 kg, se usó en los diferentes tratamientos para la elaboración de adobes artesanales. Por su lado, 2.5 kg, fueron enviados al laboratorio en la ciudad de Lima (MATESTLAB S.A.C.) para su análisis y determinación de su composición química de óxidos, mediante el método de fluorescencia de rayos X.

3.5.4. Elaboración del adobe

Diseño de mezcla

Se hizo, los cálculos correspondientes a tierra y ceniza para cada uno de los tratamientos según su requerimiento, conforme a la siguiente tabla.

* 01 adobe = 7.40 kg de tierra cruda (adobera 15x30x10cm).

* 01 adobe = 3.29 kg de tierra cruda (adobera 10x20x10cm).

Tabla 11. Tratamientos y porcentualización

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE ADOBE (und)	TIERRA (kg)	CENIZA (kg)	PAJA "ICHU" (kg)
T1 (0% de ceniza)	42	236.82	0.00	10.50
T2 (1% de ceniza)	42	236.82	2.37	10.50
T3 (2% de ceniza)	42	236.82	4.74	10.50
T4 (3% de ceniza)	42	236.82	7.10	10.50

Elaboración del adobe

La mezcla de los componentes a utilizar para la elaboración de las unidades muestrales de adobe de cada uno de los tratamientos se realizó independientemente una tras otra, iniciándose con el tratamiento T1, sucesivamente hasta concluir con el tratamiento T4.

Equipos, herramientas y materiales:**Equipos**

- Carretilla
- Adobera (molde) de 0.15x0.30x0.10m
- Adobera (molde) de 0.10x0.20x0.10m
- Lámina de metal de 2.00x1.50m
- Balanza digital
- Tronco de madera

Herramientas

- Pico
- Lampa
- Pala
- Tina
- Balde
- Manguera
- Plancha metálica
- Frotacho de madera
- Regla metálica
- Machete

Materiales

- Tierra

- Paja “ichu”
- Ceniza
- Agua

Trabajos preliminares:

Se habilitó tanto el espacio de trabajo para la mezcla de materiales, así como el área de elaboración de los adobes. Ayudándose para ello de pico, lampa, pala y regla metálica, días previos al trabajo, dejando una superficie uniforme y libre de materiales extraños que puedan alterar las condiciones requeridas para el estudio.



Figura 25. Habilitación de área para la elaboración del adobe

Preparación de mezcla

Ya con los materiales a mezclar previamente calculados, se procedió a mezclarlos. Iniciándose con la puesta de tierra sobre la lámina de metal de 2.00 m x 1.50 m, seguidamente del agua, para luego incorporar la ceniza y la paja “ichu” ($L = 20$ cm, aproximadamente). El agua, ceniza y paja “ichu” se fue incorporando gradualmente para conseguir una óptima humedad y mezclado homogéneo. El proceso se llevó a cabo con pisadas y con la ayuda de pico, lampa y pala para el volteo.



Figura 26. Preparación de mezcla con adición de ceniza

Realizada la mezcla se dejó reposando durante 48 horas para que el agua llegue a humedecer todos los componentes moleculares de los materiales, de esta forma, conseguir una mezcla de mejor calidad con lo que se elaborarán los adobes.

Moldeo del adobe

Definido las dimensiones del adobe con base en las consideraciones de la norma E.080, se elaboró los adobes en el área preparada para la actividad. Señalando que, las mezclas que se dejaron reposando 48 horas antes; se refrescaron con un volteo antes de iniciar con el moldeo de los adobes. Durante la actividad se utilizaron pico, lampa, pala, plancha metálica, carretilla, adobera, frotacho de madera, entre otros. Como datos referenciales, la temperatura máxima fue 21 °C y la mínima 16 °C, humedad relativa 58 % y viento de 18 km/h promedio, durante la jornada de elaboración del adobe.



Figura 27. Moldeo del adobe

3.5.5. Determinación de la resistencia a la compresión del adobe

3.5.5.1. Determinación de la resistencia a la compresión axial por unidad

Este ensayo de resistencia a compresión consistió en ejercer una fuerza en dirección axial a las unidades de adobe (muestras), una por una, a una determinada aceleración normalizada, la que concluyó cuando se produjo la falla. Los resultados cuantitativos obtenidos fueron indicadores de la calidad del adobe en cuanto a su propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial por unidad.

Procedimiento:

Primero se colocó la unidad de adobe en la mesa de la prensa hidráulica, para luego aproximar y asegurar la placa de aplastamiento mediante el uso del troquel. Para cada operación se realiza una limpieza de la mesa, donde pudieron quedar escombros o desperdicios de rotura previa. Siempre se hace un *check-in* del marcador antes de iniciar cada proceso de ensayo, debe estar en cero y, se pondrá en marcha la aplicación de la carga de compresión.

Al aplicar la carga, el indicador subió al tope de compresión, al punto que la muestra presentó la falla y es el momento donde se toma la lectura (carga máxima), luego de esto, el indicador comienza a disminuir constantemente.

El ensayo se llevó a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.» en la ciudad San Jerónimo (Andahuaylas).

(24), Señala las directrices para su realización (abordada en la sección: Ensayo mecánico para el adobe (Resistencia a la compresión axial).

Durante el ensayo, con la aplicación de la carga, las muestras de cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4) fueron observadas en la propagación de grietas en su lado frontal y lateral, encontrándose fallas típicas de las siguientes características:

Fallas resultantes en los ensayos de **compresión axial por unidad**:

a) **Unidad del Tratamiento 1 (0 % de ceniza de residuo de tarwi)**



Figura 28. Unidad del Tratamiento 1

Algunas probetas ensayadas del T1, presentaron fallas típicas como el de la imagen o gráfico. Aunque, la mayoría de ellas sufrieron grietas que recorrieron el cuerpo de la unidad longitudinalmente en forma diagonal o vertical con pequeños cambios de dirección (casi paralela a la carga), siendo los signos comunes en las diferentes probetas. Mostrando diferencia en las cargas aplicadas a las cuales aparecieron las fallas.

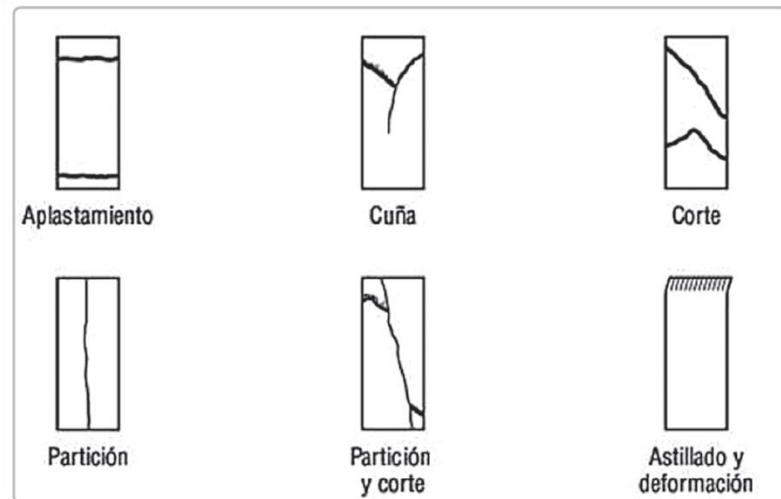


Figura 29. Fallas en unidades
Adaptado de compresión paralela en madera

Tomando como referencia la adaptación anterior y bibliografías consultadas, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por cortante.

b) Unidad del Tratamiento 2 (1 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 30. Unidad del Tratamiento 2

Entre las probetas ensayadas del T2, mayoría de ellas presentaron fallas como la que se muestra en la imagen o gráfico. Alguno tuvo falla en forma horizontal como la mostrada para el T1 precedentemente. Se puede apreciar que, es una falla que recorre casi la totalidad del cuerpo de la unidad, siguiendo una dirección más o menos diagonal en dirección vertical (casi paralela a la carga). Siendo está el signo común en las diferentes probetas. Mostrando diferencia en las cargas aplicadas a las cuales presentaron la falla.

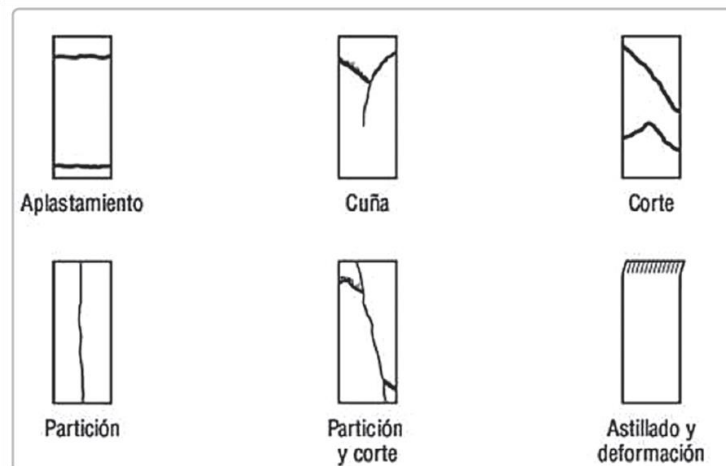


Figura 31. Fallas en unidades
Adaptado de compresión paralela en madera

Tomando como referencia la adaptación anterior y bibliografías consultadas, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por cortante.

c) Unidad del Tratamiento 3 (2 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 32. Unidad del Tratamiento 3

Por su lado, dos probetas, el T3, sufrieron falla como el que se muestra en la imagen o gráfico. El resto presentó fracturas longitudinales en dirección vertical, siendo un poco angulares a la dirección de la carga. Siendo un signo común en las diferentes probetas. Mostrando diferencia en las cargas aplicadas a las cuales presentaron las fallas.

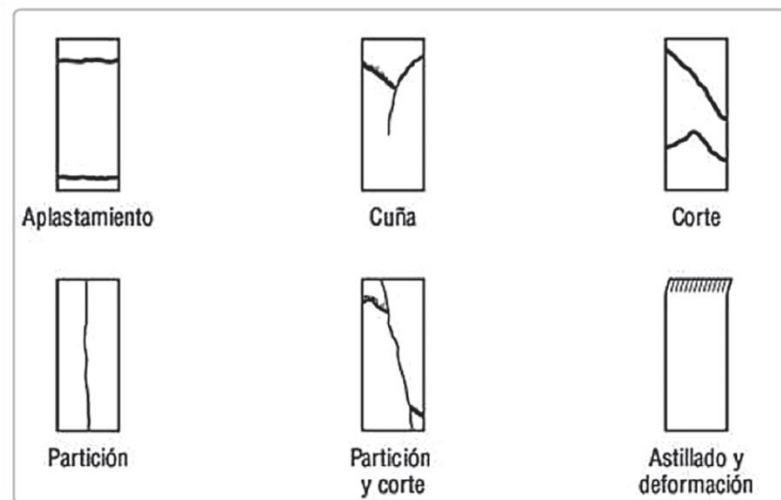


Figura 33. Fallas en unidades
Adaptado de compresión paralela en madera

Tomando como referencia la adaptación anterior y bibliografías consultadas, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por aplastamiento.

d) Unidad del Tratamiento 4 (3 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 34. Unidad del Tratamiento 4

Finalmente, las probetas del T4, en general, sufrieron fallas como la mostrada en la imagen o en el gráfico. Siendo una falla que atraviesa el cuerpo de la unidad de extremo a extremo, siguiendo una dirección más o menos vertical y longitudinal (similar a la carga) y sobre todo diagonal. Algunos, fueron acompañados de pequeños daños en las esquinas, como se puede apreciar. Siendo estos, los signos comunes en las diferentes probetas. Mostrando diferencias en las cargas aplicadas a las cuales presentaron las fallas.

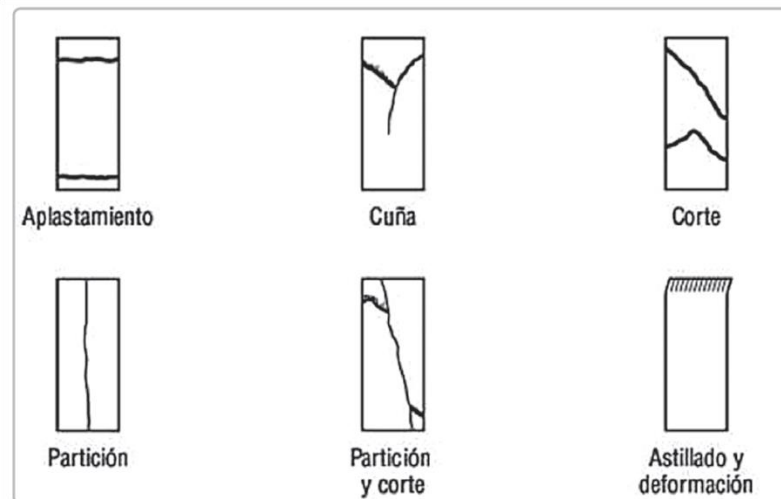


Figura 35. Fallas en unidades
Adaptado de compresión paralela en madera

Tomando como referencia la adaptación anterior y bibliografías consultadas, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por partición y cortante.

3.5.5.2. Determinación de la resistencia a la compresión axial por pila

Este ensayo de resistencia a la compresión consistió en ejercer una fuerza en dirección axial, esta vez sobre las pilas, pila por pila, a una determinada velocidad normalizada, la misma que concluye cuando se presenta la falla. Los resultados cuantitativos son indicadores de la calidad del adobe formado en pila, referida a su propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial por pila.

Procedimiento:

Primero se colocó la pila de adobe en la mesa de la prensa hidráulica, para luego aproximar y asegurar la placa de aplastamiento mediante el uso del troquel. Para cada operación se realiza una limpieza de la mesa, donde pudieron quedar escombros o desperdicios de rotura previa. Siempre se hace un *check-in* del marcador antes de iniciar cada proceso de ensayo, debe estar en cero y, se pondrá en marcha la aplicación de la carga de compresión.

Al aplicar la carga, el indicador subió al tope de resistencia, al punto que la muestra (pila de adobe) presentó la falla (fractura o fisura) y es el momento donde se toma la lectura (carga máxima), luego de esto, el indicador comienza a disminuir constantemente.

El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.».

(24), señala las directrices para su realización y ecuaciones para su cálculo (abordada en la sección: Ensayo mecánico para el adobe (Resistencia a la compresión axial).

Durante el ensayo, con la aplicación de la carga, las muestras de cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4) fueron observadas en la propagación de grietas en su lado lateral, encontrándose fallas típicas de las siguientes características:

Fallas resultantes en los **ensayos de compresión axial por pila:**

a) Pila del Tratamiento N.º 1 (0 % de ceniza de residuo de tarwi)

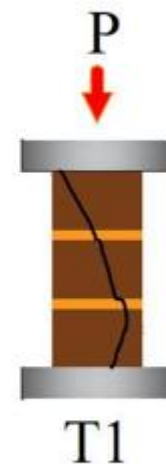


Figura 36. Pila del Tratamiento

La falla típica que se presentó en las probetas del T1, fue tal, como se muestra en la fotografía o en el gráfico, siendo esta diagonal en la probeta y ciertamente angular a la carga, en la que la falla cruza la pila de extremo a extremo, siendo el signo principal hasta la carga última. Siendo esta la falla típica y la diferencia entre las distintas probetas fue la carga aplicada al cual presentaron dicha falla.

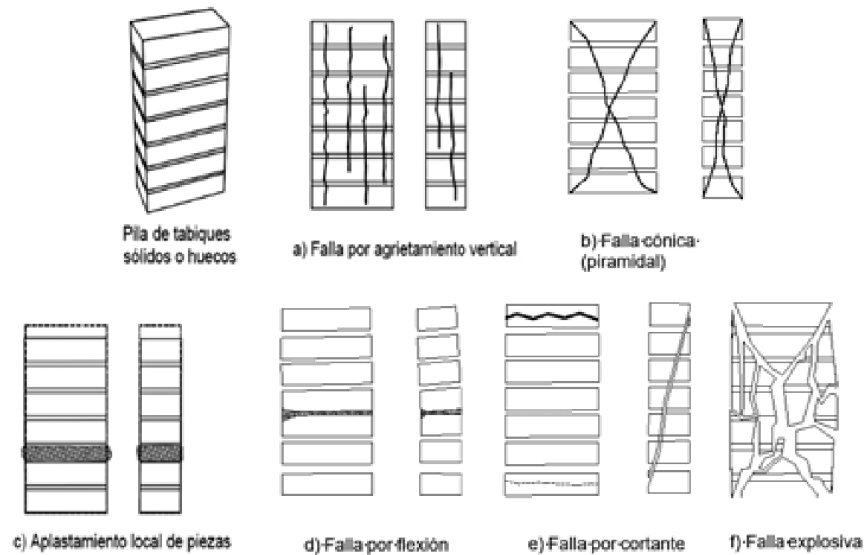


Figura 37. Fallas en pilas
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Con referencia a la figura anterior, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por cortante (e).

b) Pila del Tratamiento N. ° 2 (1 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 38. Pila del Tratamiento 2

La falla típica que resultó en las probetas del T2, fue como la que se muestra en la fotografía o en el gráfico. Es una falla que toma dirección diagonal en dos sentidos en la probeta y es ciertamente angular a la dirección de la carga. Además, la falla cruza la pila de extremo a extremo, siendo el signo principal hasta la carga última. La falla fue típica en todas las probetas del T2, presentando diferencias en las cargas aplicadas al cual presentaron la falla.

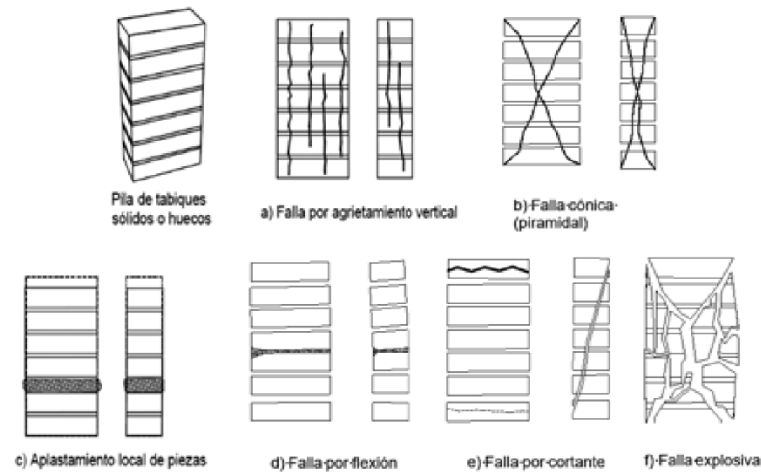


Figura 39. Fallas en pilas
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Con referencia a la figura anterior, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por cortante (e).

c) Pila del Tratamiento N. ° 3 (2 % de ceniza de residuo de tarwi)

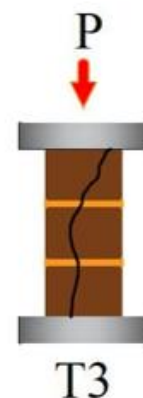


Figura 40. Pila del Tratamiento 3

La falla típica que se presentó en el ensayo de compresión de las probetas del T3, fue como la que muestra en la fotografía o en el gráfico. Siendo una falla que recorre de extremo a extremo la pila en diagonal, cambiando de dirección más o menos a la mitad de esta y, es angular a la dirección de la carga aplicada. Esta fue, la falla típica que se presentó en las probetas del T3, presentando diferencia en las cargas aplicadas al cual se presentaron las fallas.

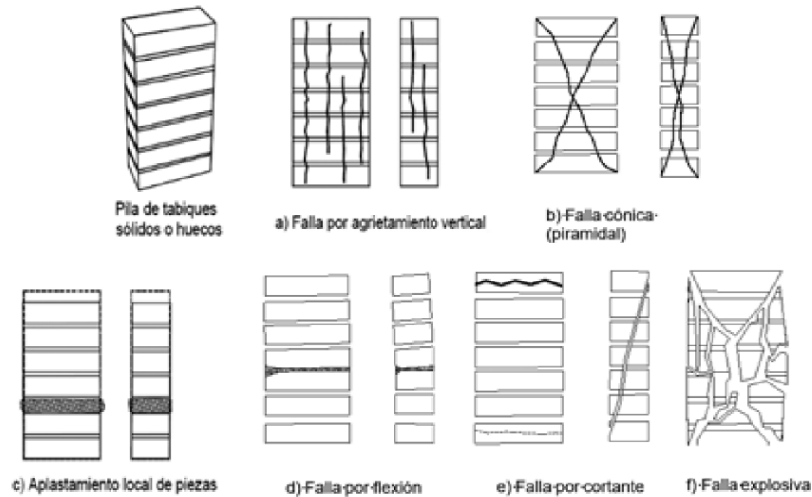


Figura 41. Fallas en pilas
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Con referencia a la figura anterior, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por cortante (e).

d) Pila del Tratamiento N. ° 4 (3 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 42. Pila del Tratamiento

Además de las fallas típicas descritas precedentemente para los otros tratamientos, en el T4, también se pudo observar la falla mostrada en la fotografía o en el gráfico. En la que se puede apreciar, una falla que recorre por el cuerpo de dos unidades de adobe para luego alcanzar la segunda junta y salir a un lado a través de ella. También, es una falla diagonal y angular a la dirección de aplicación de la carga. Cabe indicar, que la mayoría de las probetas presentaron fallas en las que estas cruzaban la unidad de pila de extremo a extremo, tales como se mostraron para los otros tratamientos, siendo una falla típica para todos estos. Presentando diferencia en la carga aplicada a la cual se presentaron las fallas.

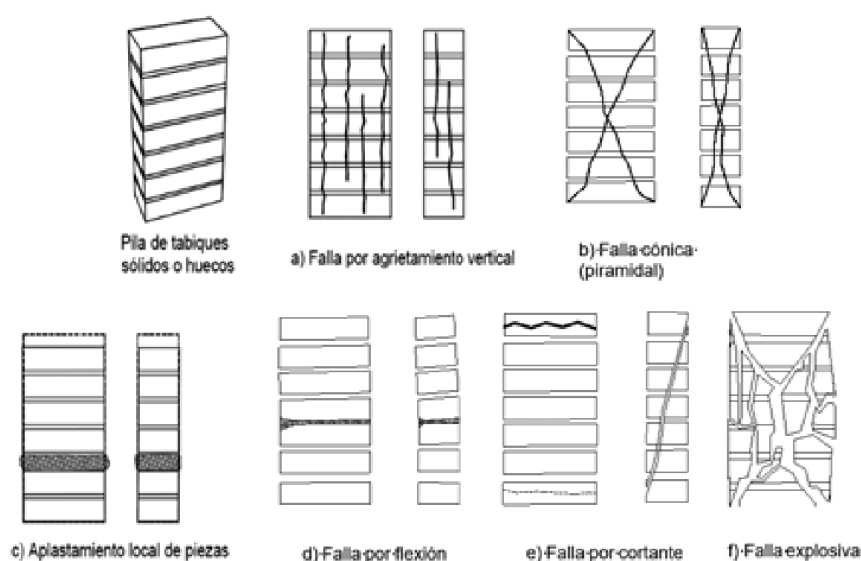


Figura 43. Fallas en pilas
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Con referencia a la figura anterior, la probeta mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta falla por cortante (e).

3.5.5.3. Determinación de la resistencia a la compresión diagonal por murete

Este ensayo de resistencia a compresión consistió en ejercer una fuerza en dirección diagonal sobre muestras de muretes, murete por murete, a una determinada velocidad normalizada, la que concluye cuando se produce la falla. Los resultados cuantitativos son indicadores de la calidad del adobe formada en murete, referida a su propiedad mecánica de resistencia a la compresión diagonal por murete.

Procedimiento:

Primero se colocó el murete de adobe en la mesa de la prensa hidráulica, para luego aproximar y asegurar la placa de aplastamiento mediante el uso del troquel. Para cada operación se realiza una limpieza de la mesa, donde pudieron quedar escombros o desperdicios de rotura

previa. Siempre se hace un checking del marcador antes de iniciar cada proceso de ensayo, debe estar en cero y, se pondrá en marcha la aplicación de la carga de compresión.

Al aplicar la carga, el indicador subió al tope de resistencia, al punto que la muestra (murete de adobe) presentó la falla (fractura o fisura) y es el momento donde se toma la lectura (carga máxima), luego de esto, el indicador comienza a disminuir constantemente.

El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto “JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.”.

(24), señala las directrices para su realización y ecuaciones para su cálculo (abordada en la sección: Ensayo mecánico para el adobe (Resistencia a la compresión diagonal).

Durante el ensayo, con la aplicación de la carga, las muestras de cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4) fueron observadas en la propagación de grietas en su lado frontal, encontrándose fallas típicas de las siguientes características:

Fallas resultantes en los ensayos de **compresión diagonal por murete**:

a) Murete del Tratamiento N. ° 1 (0 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 44. Murete del Tratamiento

La falla típica que se presentó en las probetas (muretes) del T1 fue del tipo mostrado en la fotografía o en el gráfico. Como se puede apreciar, se trata de una falla que, en una dirección casi paralela a la carga aplicada (vertical), atraviesa el muro. Posteriormente, tras superar el cuerpo de dos unidades de adobe, la fractura se desvía a través del mortero. Este tipo de falla fue recurrente en las sondas del T1, diferenciándose únicamente en las cargas a las que presentó dicha falla.

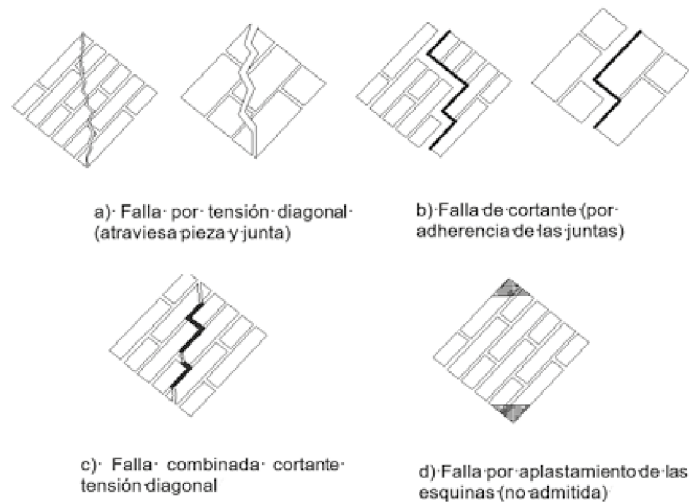


Figura 45. Fallas en muretes
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Para concluir, el tipo de falla se identifica con base en el gráfico anterior, del cual se puede afirmar que la sonda mostrada en la fotografía o en el gráfico presenta una falla por tensión diagonal, la cual atraviesa tanto la pieza como la junta (a).

b. Murete del Tratamiento N.º 2 (1 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 46. Murete del Tratamiento

De manera similar a la anterior, esta probeta (murete) del T2 muestra una falla que atraviesa la unidad de extremo a extremo, casi paralela a la dirección vertical de la carga aplicada, con algunos pequeños cambios de dirección. Este tipo de falla fue común en todas las sondas del T2, presentándose diferencias únicamente en las cargas aplicadas que provocaron dichas fallas.

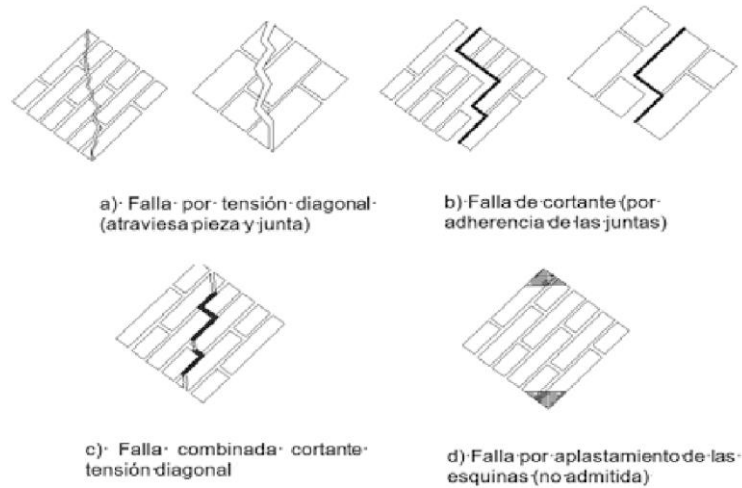


Figura 47. Fallas en muretes
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Para concluir, y tomando como referencia el gráfico anterior, se puede afirmar que la sonda mostrada en la fotografía o el gráfico presenta una falla por tensión diagonal, la cual tanto atraviesa la pieza como la junta (a).

c) Murete del Tratamiento N.º 3 (2 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 48. Murete del Tratamiento 3

Asimismo, las probetas (muretes) del T3 presentaron este tipo de falla, siendo característico en todos los casos. En la fotografía o en el gráfico, se observa una falla que atraviesa la unidad del muro de extremo a extremo, similar a las anteriores, con pequeños cambios de dirección y recorriendo casi de manera paralela a la dirección vertical de la carga aplicada. Las diferencias se presentaron en las cargas aplicadas que ocasionaron dichas fallas.

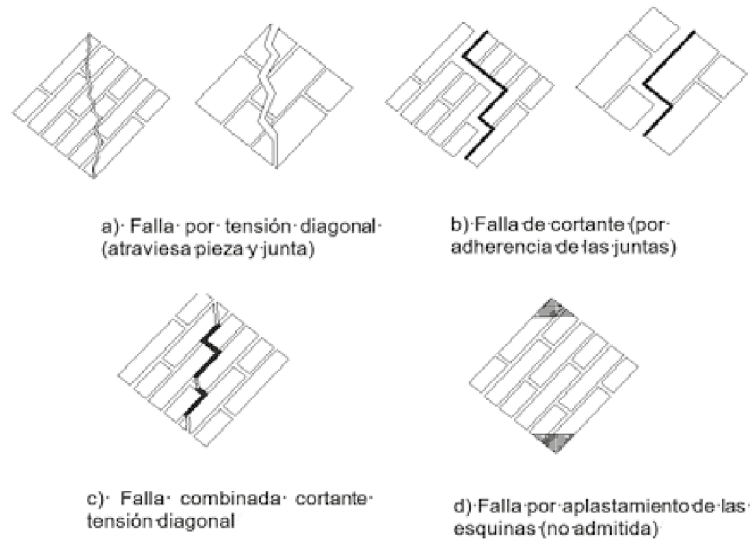


Figura 49. Fallas en muretes
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Para concluir, y tomando como referencia el gráfico anterior, se puede afirmar que la sonda mostrada en la fotografía o el gráfico presenta una falla por tensión diagonal, la cual tanto atraviesa la pieza como la junta (a).

d) Murete del Tratamiento N. ° 4 (3 % de ceniza de residuo de tarwi)



Figura 50. Murete del Tratamiento 4

Además de las fallas observadas en los otros tratamientos descritos previamente, dos probetas (muretes) del T4 presentaron la falla mostrada en la fotografía o en el gráfico, donde, tras atravesar el cuerpo de una unidad de adobe, la fisura recorre la junta para desviarse lateralmente. Mientras atraviesa el adobe, la dirección de la falla (vertical) es casi paralela a la carga aplicada. Cabe señalar que, en las demás sondas, las fallas atraviesan siempre de extremo a extremo, siendo esta una característica típica en todas ellas. La diferencia radicó en las cargas aplicadas que provocaron dichas fallas.

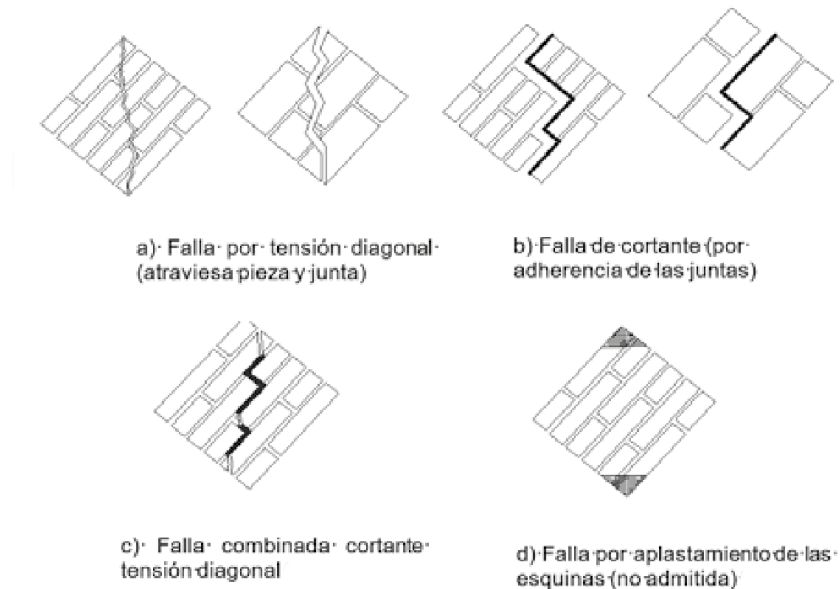


Figura 51. Fallas en muretes
Fuente. Norma mexicana NMX-C-464

Para concluir, y tomando como referencia el gráfico anterior, se puede afirmar que la sonda mostrada en la fotografía o el gráfico presenta una falla combinada por cortante y tensión diagonal (c).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Proceso de obtención de la ceniza de residuo de tarwi

La ceniza de residuo de tarwi se obtiene mediante un proceso artesanal. Primero, se recolectaron manualmente los residuos de tarwi en el campo de cultivo (chacra) para luego trasladarlos e incinerarlos en un área habilitada para este fin, próxima a la zona de recolección. La incineración se llevó a cabo a temperatura ambiente, a menos de 400 °C, y fue relativamente rápida. Por ejemplo, cuatro cargas de una arroba cada una (aproximadamente 5 kg de ceniza) demoraron 20 minutos en incinerarse.

Como tratamiento inicial, los residuos de tarwi fueron limpiados de contaminantes naturales, como restos de tierra, antes de la incineración. El proceso de enfriamiento fue lento debido a la alta temperatura alcanzada durante la combustión. Se dejó reposar durante 24 horas para su enfriamiento, tras lo cual se recogió y almacenó en un recipiente metálico. No obstante, el enfriamiento también puede acelerarse mediante volteos con herramientas, como una pala.

La ceniza obtenida fue tamizada en dos etapas:

Primero, con una malla mosquitera verde de 1,35 mm de abertura, para eliminar partículas de carbón.

Luego, con el tamiz N.º 200, para lograr una mayor finura y uniformidad antes de ser utilizado en la elaboración del adobe.

4.1.2. Composición química de óxidos de la ceniza de residuo de tarwi

Tabla 12. Composición química de óxidos de la ceniza de residuo de tarwi

CÓDIGO	ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO
MTL-426-08	Determinación de óxido de calcio (CaO)	%	17.35
	Determinación de dióxido de silicio (SiO ₂)	%	61.10
	Determinación de trióxido de azufre (SO ₃)	%	3.09
	Determinación de óxido de magnesio (MgO)	%	5.03
	Determinación de óxido de manganeso (MnO)	%	2.90
	Determinación de trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	%	6.17
	Determinación de pentóxido de fósforo (P ₂ O ₃)	%	4.20
	Determinación de trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	%	6.13
	Determinación de óxido de bario (BaO)	%	1.02
	Determinación de óxido de zinc (ZnO)	%	0.11
	Determinación de óxido de cobre (CuO)	%	0.08
	Determinación de trióxido de cromo (CrO ₃)	%	0.07
	Otros	%	5.02

* El método utilizado para el ensayo fue la fluorescencia de rayos X. La cual se llevó a cabo siguiendo las consideraciones de la norma ASTM E2465-19 (Standard Test Method for Analysis of Ni-Base Alloys by Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry).

4.1.3. Clasificación del suelo por SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Muestra:

Cantera: Anexo Compuerta
Distrito: Pacucha
Provincia: Andahuaylas
Región: Apurímac

Clasificación:

Método: SUCS, clasificación de suelos con propósitos de ingeniería, según NTP 339.134, 1999.

Caso: Por la malla o tamiz N. ° 200, pasa más de la mitad (50 %) de la muestra.

- Valiéndose de la Carta de Casagrande se puede determinar que, un suelo con Límite Líquido (LL) de 25.7 % e Índice de Plasticidad (IP) de 5.7 %, se clasifica como CL – ML, cuya descripción es: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas - Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.

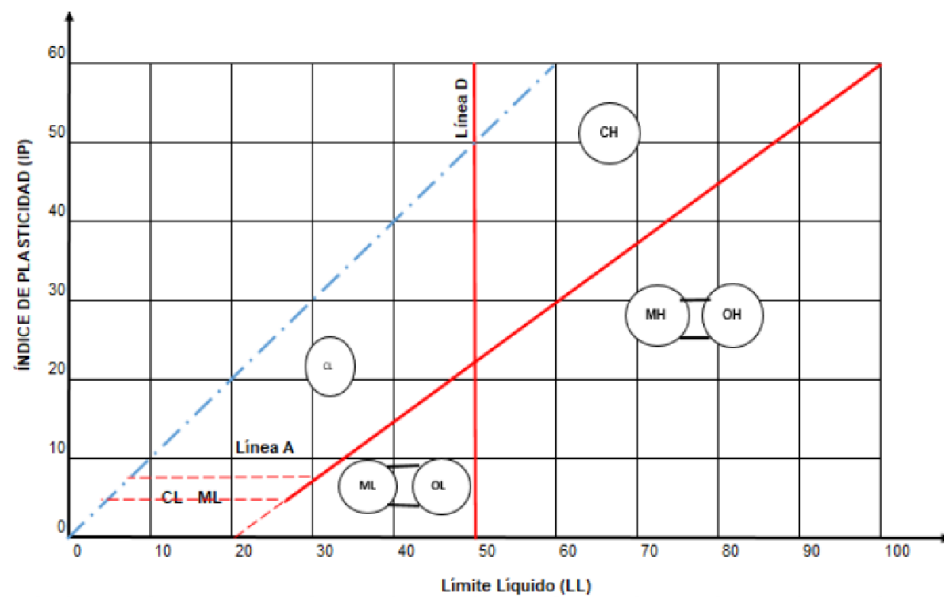
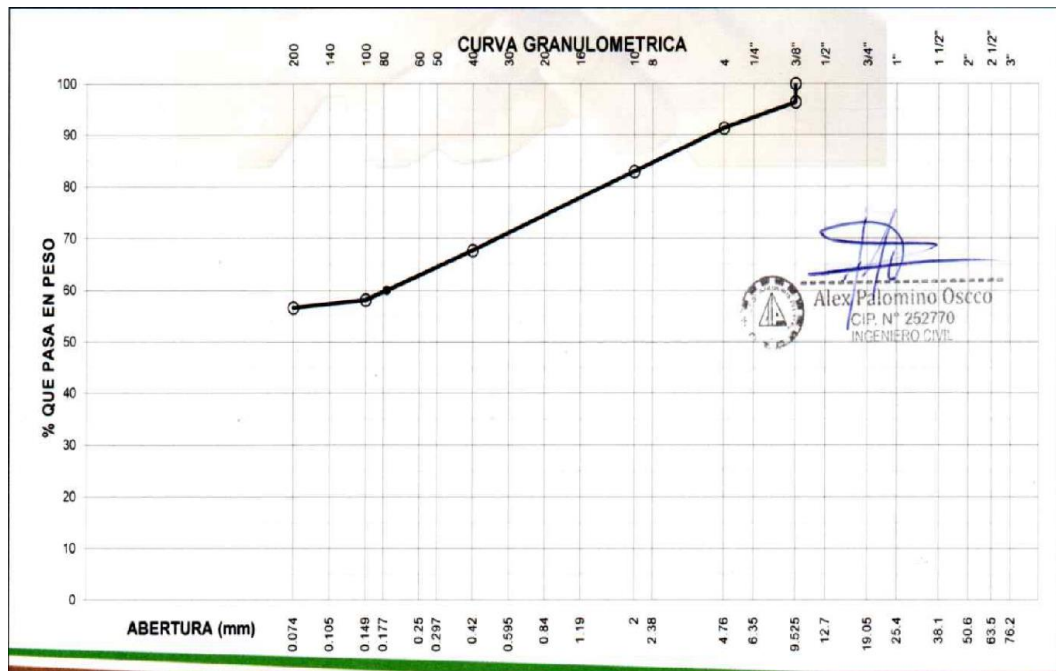


Figura 52. Carta de Casagrande
Fuente. Borselli, 2017

4.1.4. Análisis granulométrico

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107-2000								
TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	(%)	MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL 533 g
2 1/2"	63.50							PORCION FINOS
2"	50.80							% DE HUMEDAD : 7.7
1 1/2"	38.10							TAMAÑO MAXIMO
1"	25.40							% DE GRAVA 8.6
3/4"	19.05							% DE ARENA 91.4
1/2"	12.70							% PASANTE Nº 200 56.7
3/8"	9.53	19.0	3.6	3.6	96.4			L. L. : 25.7 %
1/4"	6.35							L. P. : 20 %
Nº 4	4.75	27.0	5.1	8.6	91.4			I. P. : 5.7 %
Nº 8	2.36							M. F. :
Nº 10	2.00	45.0	8.4	17.1	82.9			CLASIFIC. SUCS CL-ML
Nº 16	1.19							CLASIF. AASHTO A-4 (5)
Nº 20	0.85							D ₁₀ C _u
Nº 30	0.60							D ₃₀ C _c
Nº 40	0.42	81.0	15.2	32.3	67.7			D ₆₀
Nº 50	0.30							OBSERVACIONES:
Nº 60	0.25							
Nº 80	0.18							
Nº 100	0.15	51.0	9.6	41.8	58.2			
Nº 140	0.11							
Nº 200	0.074	8.0	1.5	43.3	56.7			
BANDEJA		302.0	56.7	100.0				

Figura 53. Análisis granulométrico de tierra con 0% (control) de ceniza de residuo de tarwi
Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»



Curva granulométrica (0% de ceniza de residuo de tarwi)

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO								
MTC E 107-2000								
TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Ø		PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)	
Pulg.	mm							
3"	76.20							PESO INICIAL : 527 g
2 1/2"	63.50							PORCION FINOS :
2"	50.80							% DE HUMEDAD : 7.7
1 1/2"	38.10							TAMAÑO MAXIMO :
1"	25.40							% DE GRAVA : 8.2
3/4"	19.05							% DE ARENA : 91.8
1/2"	12.70							% PASANTE Nº 200 : 57.5
3/8"	9.53	17.0	3.2	3.2	96.8			L. L. : 25.6 %
1/4"	6.35							L. P. : 20.9 %
Nº 4	4.75	26.0	4.9	8.2	91.8			I. P. : 4.7 %
Nº 8	2.36							M.F. :
Nº 10	2.00	40.0	7.6	15.7	84.3			CLASIFIC SUCS : CL-ML
Nº16	1.19							CLASIF. AASHTO : A-4 (5)
Nº 20	0.85							D ₁₀ : C _u
Nº 30	0.60							D ₅₀ : C _c
Nº 40	0.42	79.0	15.0	30.7	69.3			D ₉₀ :
Nº 50	0.30							OBSERVACIONES:
Nº 60	0.25							
Nº 80	0.18							
Nº 100	0.15	53.0	10.1	40.8	59.2			
Nº 140	0.11							
Nº 200	0.074	9.0	1.7	42.5	57.5			
BANDEJA		303.0	57.5	100.0				

Análisis granulométrico de tierra con 1% de ceniza de residuo de tarwi

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

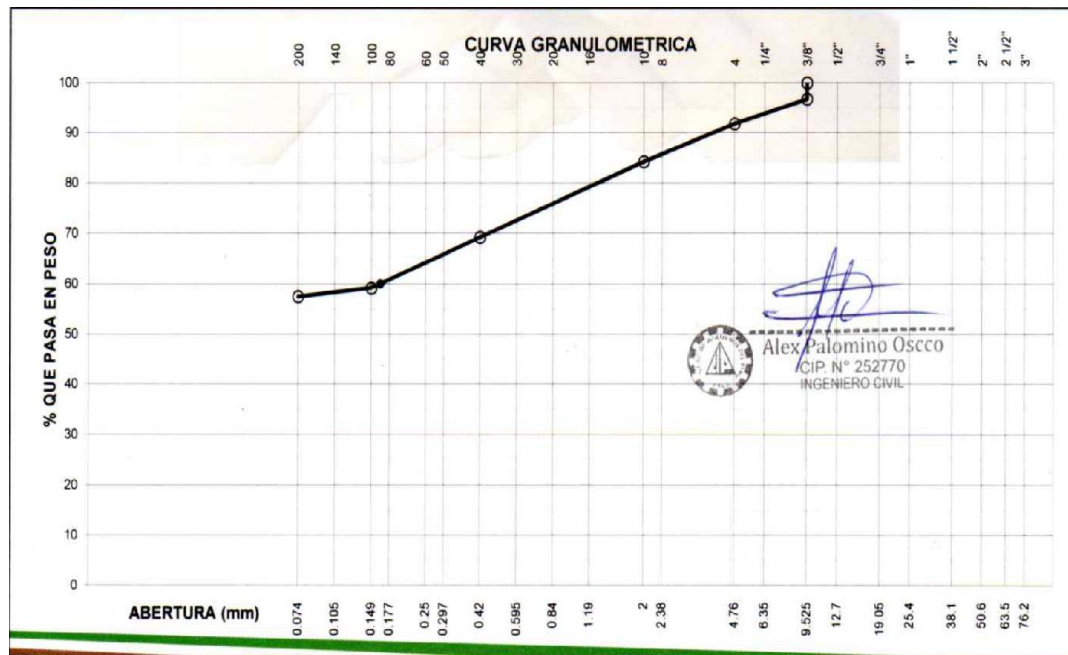


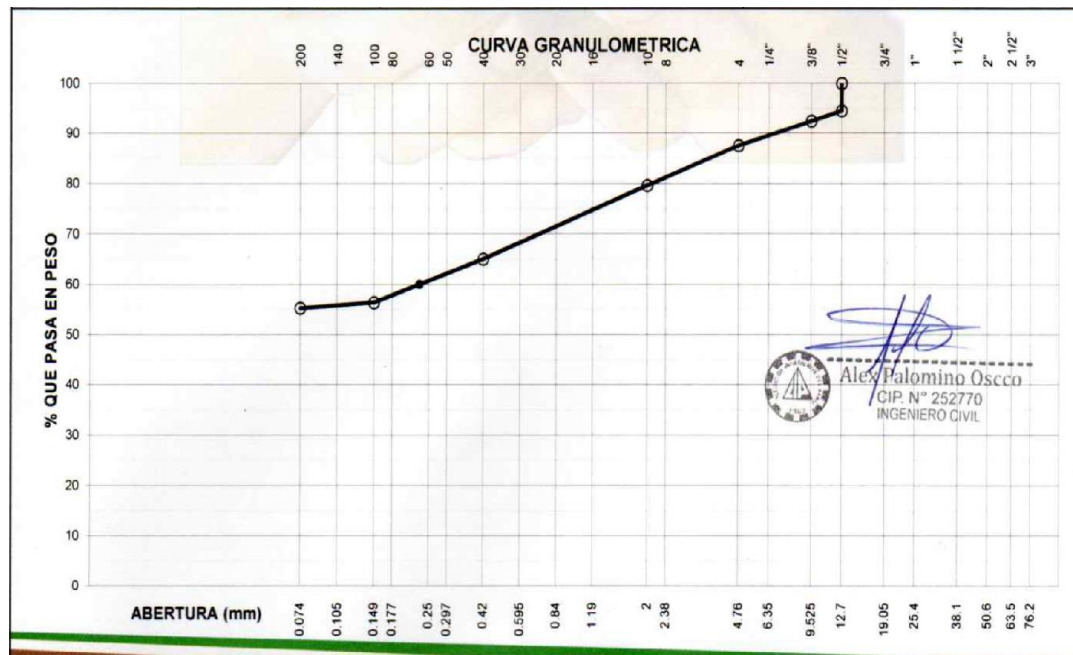
Figura 54. Curva granulométrica (1% de ceniza de residuo de tarwi)

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
MTC E 107-2000							
TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES	
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)
3"	76.20						PESO INICIAL : 530 g
2 1/2"	63.50						PORCIÓN FINOS :
2"	50.80						% DE HUMEDAD : 7.7
1 1/2"	38.10						TAMAÑO MÁXIMO :
1"	25.40						% DE GRAVA : 12.5
3/4"	19.05						% DE ARENA : 87.5
1/2"	12.70	29.0	5.5	5.5	94.5		% PASANTE Nº 200 : 55.3
3/8"	9.53	11.0	2.1	7.5	92.5		L.L. : 25.6 %
1/4"	6.35						L.P. : 21.1 %
Nº 4	4.75	26.0	4.9	12.5	87.5		I.P. : 4.5 %
Nº 8	2.36						M.F. :
Nº 10	2.00	42.0	7.9	20.4	79.6		CLASIFIC. SUCS : CL-ML
Nº 16	1.19						CLASIF. AASHTO : A-4 (5)
Nº 20	0.85						D ₁₀ : C _u
Nº 30	0.60						D ₃₀ : C _c
Nº 40	0.42	77.0	14.5	34.9	65.1		D ₆₀ :
Nº 50	0.30						OBSERVACIONES :
Nº 60	0.25						
Nº 80	0.18						
Nº 100	0.15	46.0	8.7	43.6	56.4		
Nº 140	0.11						
Nº 200	0.074	6.0	1.1	44.7	55.3		
BANDEJA		293.0	55.3	100.0			

Análisis granulométrico de tierra con 2% de ceniza de residuo de tarwi

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»



Curva granulométrica (2% de ceniza de residuo de tarwi)

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
MTC E 107-2000							
TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES	
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)
3"	75.20						
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.05						
1/2"	12.70	20.0	3.8	3.8	96.2		
3/8"	9.53	3.0	0.6	4.3	95.7		
1/4"	6.35						
Nº 4	4.75	33.0	6.2	10.5	89.5		
Nº 8	2.36						
Nº 10	2.00	45.0	8.5	19.0	81.0		
Nº 16	1.19						
Nº 20	0.85						
Nº 30	0.60						
Nº 40	0.42	82.0	15.4	34.4	65.6		
Nº 50	0.30						
Nº 60	0.25						
Nº 80	0.18						
Nº 100	0.15	43.0	8.1	42.5	57.5		
Nº 140	0.11						
Nº 200	0.074	4.0	0.8	43.2	56.8		
BANDEJA		302.0	56.8	100.0			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL : 532 g							
PORCION FINOS :							
% DE HUMEDAD : 7.7							
TAMAÑO MAXIMO :							
% DE GRAVA : 10.5							
% DE ARENA : 89.5							
% PASANTE Nº 200 : 56.8							
L. L. : 27 %							
L. P. : 23.7 %							
I. P. : 3.2 %							
M. F. :							
CLASIFIC. SUCS : ML							
CLASIF. AASHTO : A-4 (5)							
D ₁₀ : C _u							
D ₃₀ : C _c							
D ₆₀ :							
OBSERVACIONES:							

Figura 55. Análisis granulométrico de tierra con 3% de ceniza de residuo de tarwi

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

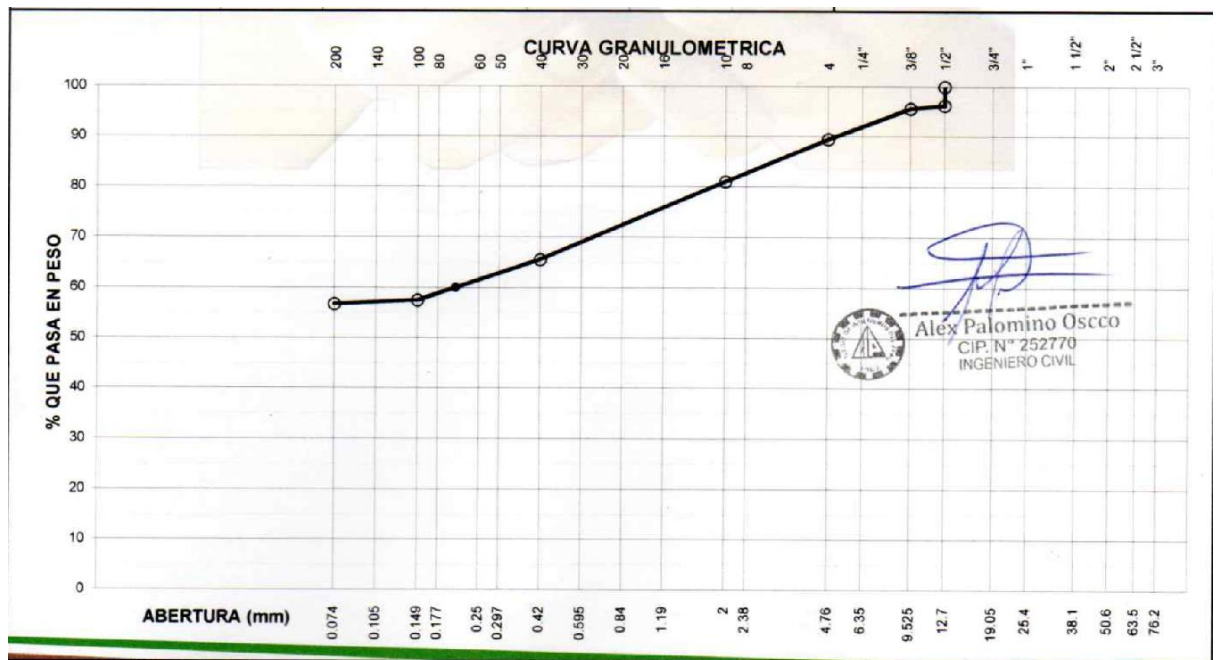


Figura 56. Curva granulométrica (3% de ceniza de residuo de tarwi)

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

4.1.5. Límites de Atterberg (Límites de Consistencia)

Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

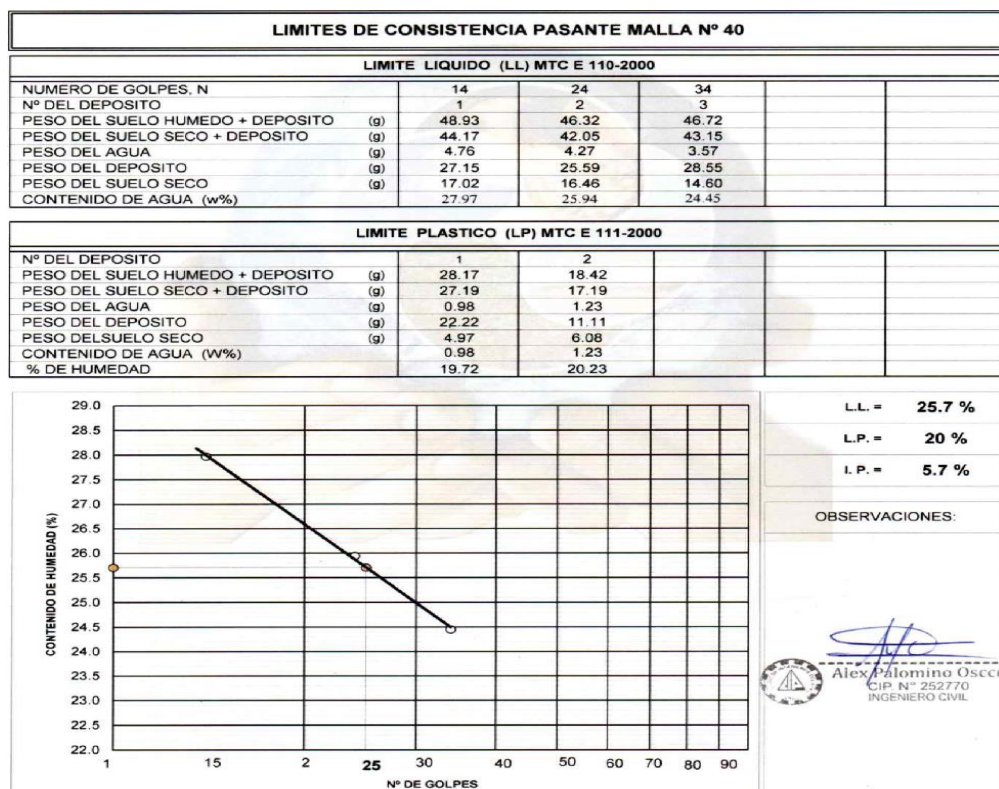


Figura 57. Límites de consistencia de tierra con 0% de ceniza de residuo de tarwi

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

- * De las 3 lecturas de la tabla de Límite Líquido (LL), se obtiene el promedio = 25.7%.
- * De las 2 lecturas de la tabla de Límite Plástico (LP), se obtiene el promedio = 20%.
- El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP): $IP = LL - LP = 5.7\%$.
- * La curva de fluidez expresa, para 25 golpes, es un Límite Líquido de 25.7%.

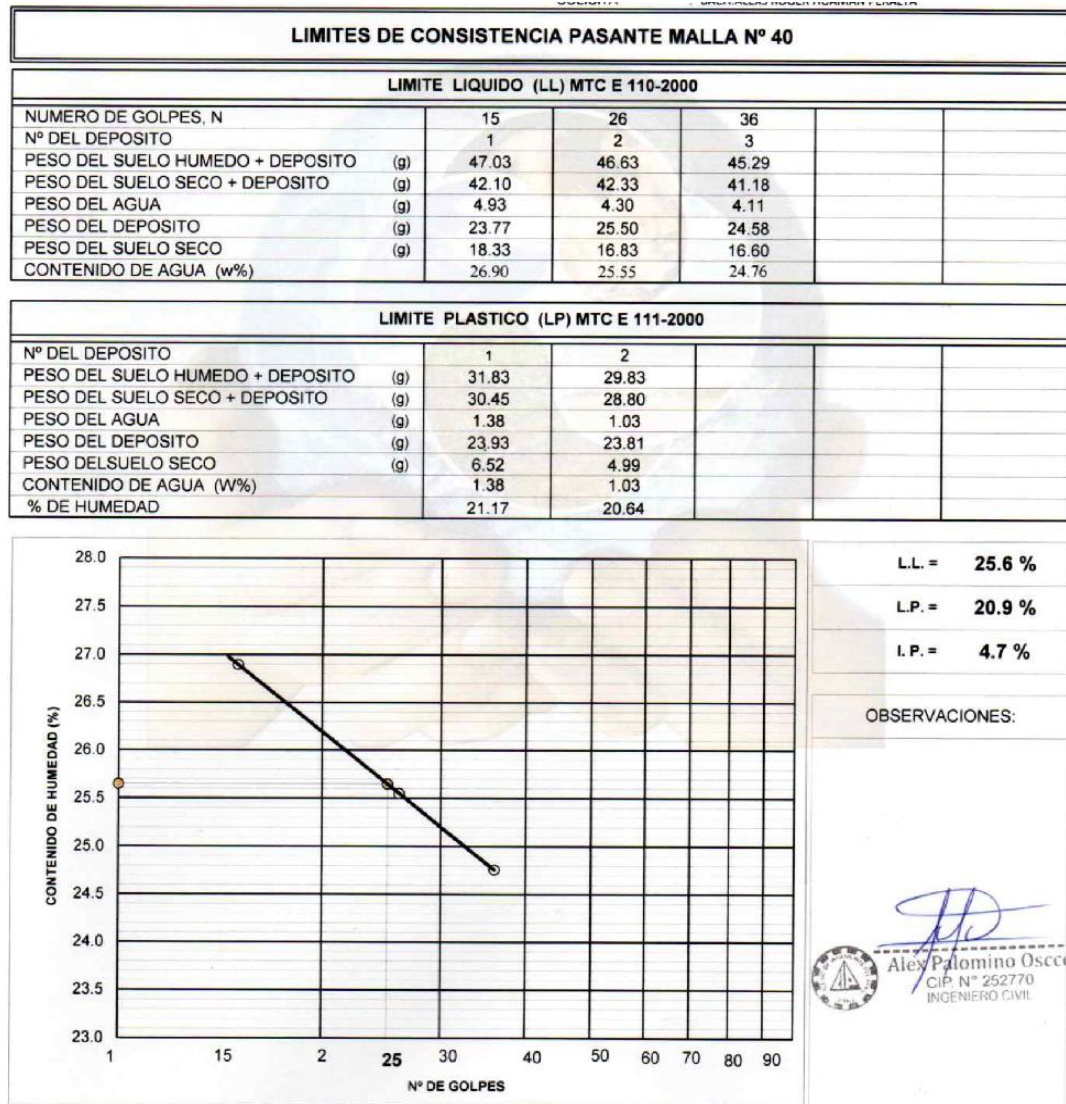


Figura 58. Límites de consistencia de tierra con 1% de ceniza de residuo de tarwi
Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

- * De las 3 lecturas de la tabla de Límite Líquido (LL), se obtiene el promedio = 25.6%.
- * De las 2 lecturas de la tabla de Límite Plástico (LP), se obtiene el promedio = 20.9%.
- El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP): $IP = LL - LP = 4.7\%$.
- * La curva de fluidez expresa, para 25 golpes, es un Límite Líquido de 25.6%.

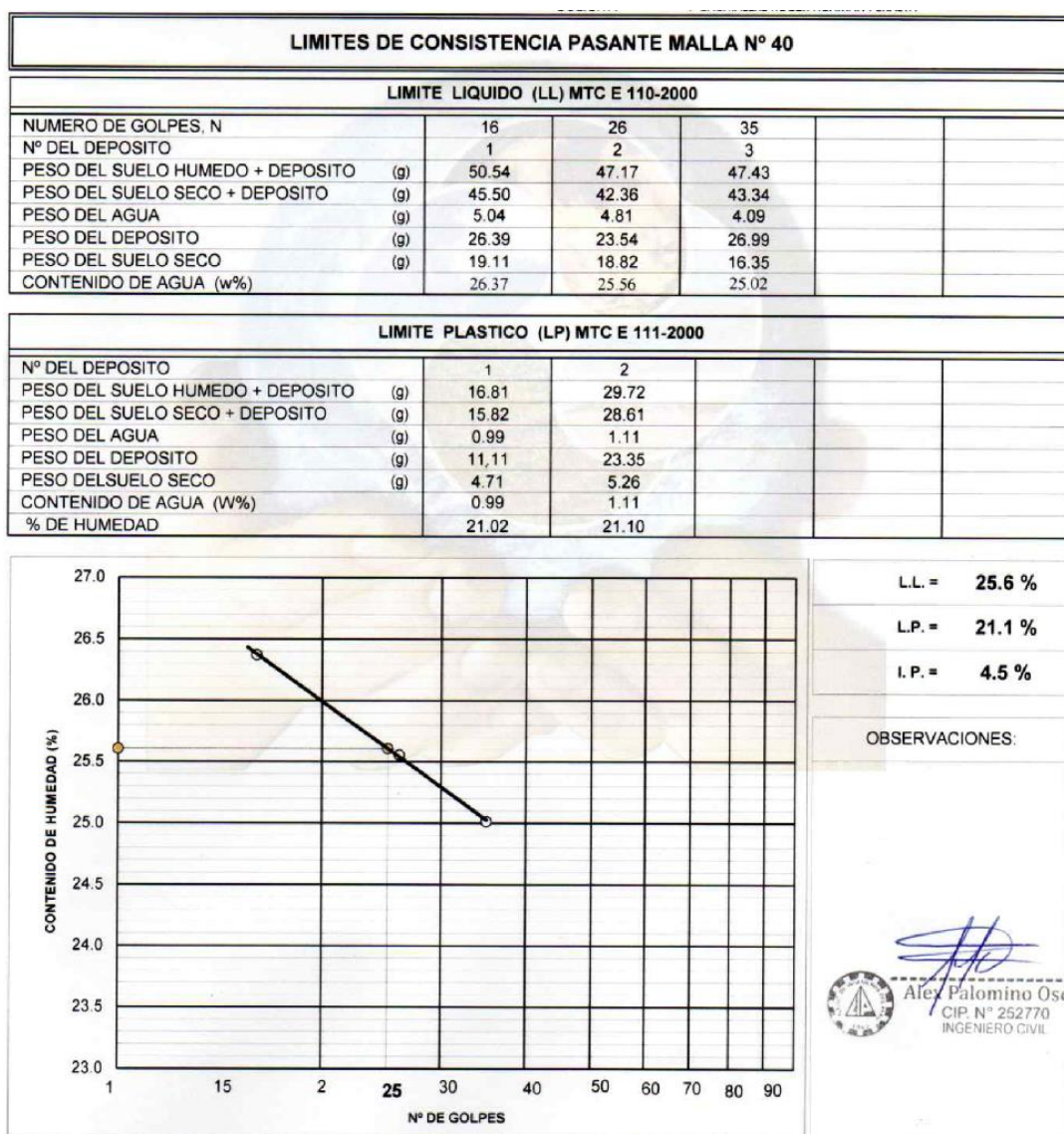


Figura 59. Límites de consistencia de tierra con 2% de ceniza de residuo de tarwi
Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto «JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.»

- * De las 3 lecturas de la tabla de Límite Líquido (LL), se obtiene el promedio = 25.6%.
- * De las 2 lecturas de la tabla de Límite Plástico (LP), se obtiene el promedio = 21.1%.
- El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP): $IP = LL - LP = 4.5\%$.
- * La curva de fluidez expresa, para 25 golpes, es un Límite Líquido de 25.6%.

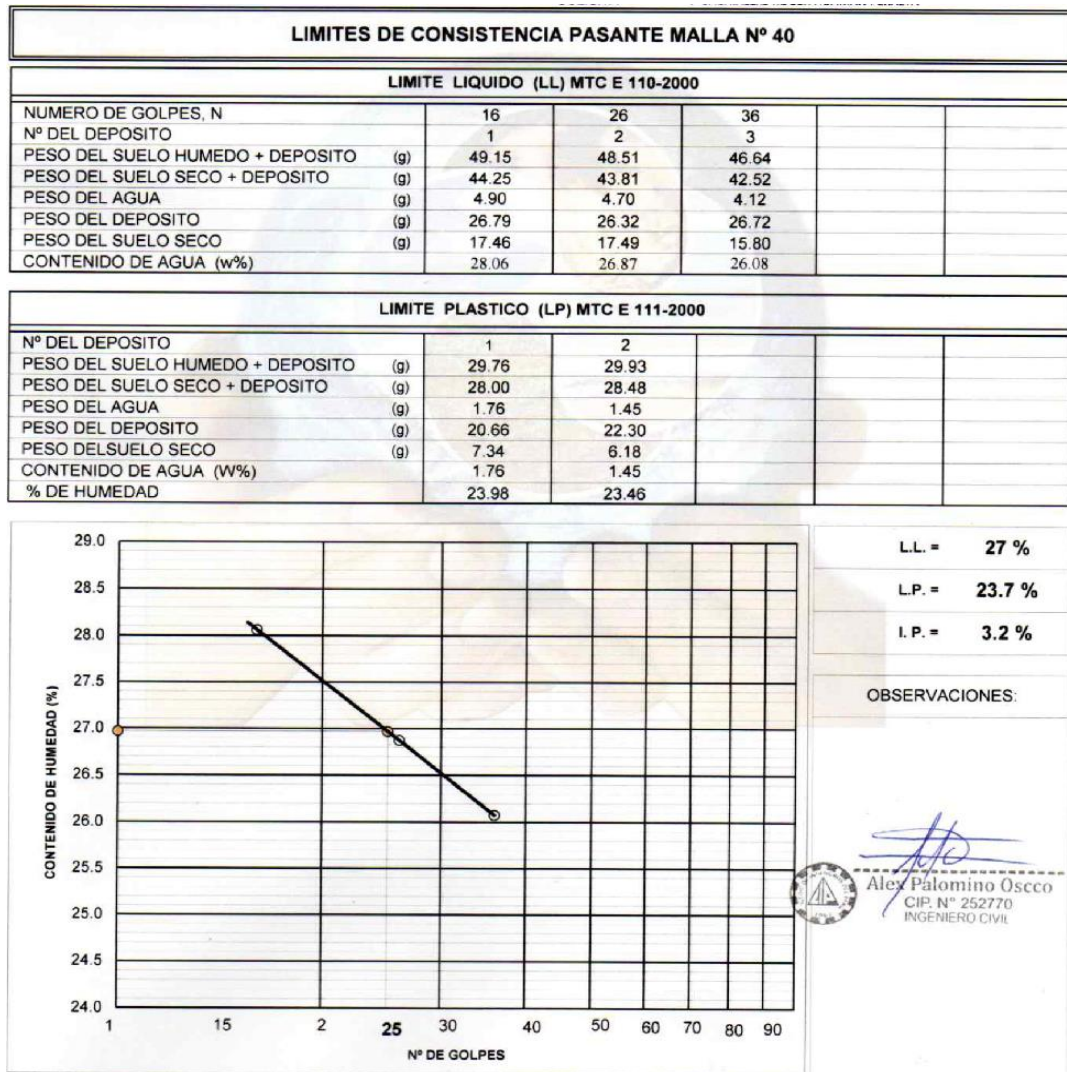


Figura 60. Límites de consistencia de tierra con 3% de ceniza de residuo de tarwi
Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto “JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.”

- * De las 3 lecturas de la tabla de Límite Líquido (LL), se obtiene el promedio = 27%.
- * De las 2 lecturas de la tabla de Límite Plástico (LP), se obtiene el promedio = 23.7%.
- El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP): $IP = LL - LP = 3.2\%$.
- * La curva de fluidez expresa, para 25 golpes, es un Límite Líquido de 27%.

4.1.6. Ensayos a compresión

Ensayo a compresión axial por unidad

Tabla 13. Resumen y promedio por tratamiento de ensayos de resistencia a compresión axial por unidad

N. °	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
1	3.30	3.40	2.90	2.80
2	3.70	3.00	3.30	3.00
3	3.60	3.30	3.20	3.90
4	4.10	4.10	4.10	3.80
5	3.20	2.90	2.80	2.90
6	3.10	2.80	2.70	2.70
Σ	14.70	13.80	13.50	13.50
$\bar{X}$	3.68 kg/cm2	3.45 kg/cm2	3.38 kg/cm2	3.38 kg/cm2

Ensayo a compresión axial por pila

Tabla 14. Resumen y promedio por tratamiento de ensayos de resistencia a compresión axial por pila

N. °	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
1	7.50	5.80	4.60	6.00
2	9.30	4.00	6.10	5.40
3	5.40	5.40	5.00	6.00
4	8.10	5.60	5.10	6.00
5	7.40	3.90	4.50	5.30
6	7.30	3.70	4.40	5.20
Σ	30.30	20.80	20.80	23.40
$\bar{X}$	7.58 kg/cm ²	5.20 kg/cm ²	5.20 kg/cm ²	5.85 kg/cm ²

Ensayo a compresión diagonal por murete

Tabla 15. Resumen y promedio por tratamiento de ensayos de resistencia a compresión diagonal por murete

N. °	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
1	5.30	4.10	3.30	4.30
2	6.50	2.80	4.30	3.80
3	3.80	3.80	3.50	4.30
4	5.70	4.00	3.60	4.20
5	3.20	2.70	3.20	3.70
6	3.10	2.60	3.10	3.60
Σ	21.30	14.70	14.70	16.60
$\bar{X}$	5.33 kg/cm ²	3.68 kg/cm ²	3.68 kg/cm ²	4.15 kg/cm ²

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

Planteamiento de la hipótesis nula e hipótesis alterna

Hipótesis nula general (H₀): La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión del adobe - Andahuaylas - 2022.

Hipótesis alterna general (H_a): La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión del adobe - Andahuaylas - 2022.

4.2.2. Primera hipótesis por probar (Primera hipótesis específica)

Planteamiento de la hipótesis nula e hipótesis alterna

Hipótesis nula (H₀): La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe - Andahuaylas - 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe - Andahuaylas - 2022.

Para contrastar las hipótesis planteadas se seguirá los procedimientos establecidos a continuación en: a, b, c y d.

a. Datos de análisis

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad. Los rangos de los valores van desde los 2,80 kg/cm² a 4,10 kg/cm² y, el promedio general entre los tratamientos es 3,47 kg/cm².

Tabla 16. Datos de análisis para ensayos de resistencia a compresión axial por unidad

N. o	T1	T2	T3	T4	
1	3.30	3.40	2.90	2.80	
2	3.70	3.00	3.30	3.00	
3	3.60	3.30	3.20	3.90	
4	4.10	4.10	4.10	3.80	
Σ	14.70	13.80	13.50	13.50	55.50
$\bar{X}$	3.68	3.45	3.38	3.38	3.47

b. Prueba de NORMALIDAD

Existen muchos métodos para desarrollar esta prueba. En este estudio, se hace referencia a dos métodos bastante conocidos que trabajan de forma conjunta y son Shapiro -

Wilk y Kolmogorov - Smirnov. Se opta uno de ellos dependiendo de lo siguiente; muestras menores a 50, serán procesadas por el método Shapiro – Wilk, mientras que las muestras iguales o mayores a 50 por el método Kolmogorov – Smirnov. Para esta investigación se toma el método Shapiro - Wilk, por tener una muestra menor a 50, partiendo del siguiente planteamiento de hipótesis:

Expresión simbólica de la hipótesis:

Ho: La dispersión de los datos tiene una distribución normal.

Ha: La dispersión de los datos no tiene una distribución normal.

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Reglas de decisión:

- Si p-value es menor a 0.05, la Ho se considera como falsa.
- Si p-value es mayor o igual a 0.05, la Ho se considera como verdadera.

Desarrollo de la prueba:

Tabla 17. Prueba de normalidad para compresión axial por unidad (Edad de la muestra = 28 días)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1 (0%)	,220	4	.	,980	4	,900
T2 (1%)	,293	4	.	,918	4	,528
T3 (2%)	,308	4	.	,899	4	,426
T4 (3%)	,278	4	.	,852	4	,233

De la Tabla 17, se verifica que, Sig. tiene valores superiores a 0.05, tanto para el tratamiento control T1, como para los otros tratamientos, T2, T3 y T4, por lo que, se acepta la hipótesis nula, que señala que, la dispersión de los datos tiene una distribución normal.

c. Prueba de ANOVA

Se realizó el análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad para cada tratamiento. Las muestras de adobe sometidas al ensayo tuvieron un período de secado de 28 días.

Expresión simbólica de la hipótesis:

Ho: Todos los tratamientos son iguales entre sí ($T1 = T2 = T3 = T4$).

Ha: Todos los tratamientos no son iguales entre sí ($T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$).

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Regla de decisión:

Si la F calculada es mayor que la F tabulada, la Ho se considera como falsa.

Desarrollo de la prueba:

Tabla 18. Análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad del adobe

FV	GL	SCD	CM	FC	FT		Sig.	
					5%	1%	5%	1%
Tratamiento	3	0.16	0.05	0.01	3.098	-	*	-
Error	12	66.95	5.58					
Total	15	67.11						

La Tabla 18, análisis de varianza para los ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad del adobe, indica que para los distintos tratamientos la F calculada (0,01) es menor que la F tabulada al 5% (3,098).

Decisión sobre la Ho:

La F calculada es menor que la F tabulada, entonces, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (Ha).

Conclusión:

Al aceptar la hipótesis nula (Ho), se afirma que los tratamientos son estadísticamente iguales entre sí, lo que significa que, los diferentes porcentajes de ceniza de residuo de tarwi no lograron efectos suficientes para causar variación respecto al tratamiento control ni entre ellos.

Por consiguiente, no se realiza la comparación de medias (Prueba de Duncan) para determinar cuál de los tratamientos son diferentes entre sí.

d. Coeficiente de variación

$$CV\% = \frac{\sqrt{CM_{err}}}{\bar{X}} \times 100 \quad CV\% = \frac{\sqrt{5,58}}{3,47} \times 100 \quad CV = 68,09 \%$$

El CV de 68,09 %, determina que la dispersión de datos en análisis se aproxima a la media central o son parecidos en el porcentaje señalado.

*** Respuesta a la primera hipótesis a probar**

Por los resultados de las pruebas realizadas, se acepta la hipótesis nula (Ho): **La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe - Andahuaylas - 2022.**

4.2.3. Segunda hipótesis por probar (Segunda hipótesis específica)

Planteamiento de la hipótesis nula e hipótesis alterna

Hipótesis nula (Ho): La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión axial por pila del adobe - Andahuaylas - 2022.

Hipótesis alterna (Ha): La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión axial por pila del adobe - Andahuaylas - 2022.

Para contrastar las hipótesis planteadas se seguirá los procedimientos establecidos a continuación en: a, b, c y d.

a. Datos de Análisis

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión axial por pila. Los rangos de los valores van desde los 4,00 kg/cm² a 9,30 kg/cm², y el promedio general entre los tratamientos es 5,96 kg/cm².

Tabla 19. Datos de análisis para ensayos de resistencia a compresión axial por pila del adobe

N. °	T1	T2	T3	T4	
1	7.50	5.80	4.60	6.00	
2	9.30	4.00	6.10	5.40	
3	5.40	5.40	5.00	6.00	
4	8.10	5.60	5.10	6.00	
Σ	30.30	20.80	20.80	23.40	95.30
$\bar{X}$	7.58	5.20	5.20	5.85	5.96

b. Prueba de NORMALIDAD

Existen muchos métodos para desarrollar esta prueba. En este estudio, se hace referencia a dos métodos bastante conocidos que trabajan de forma conjunta y son Shapiro -

Wilk y Kolmogorov - Smirnov. Se opta uno de ellos dependiendo de lo siguiente; muestras menores a 50, serán procesadas por el método Shapiro – Wilk, mientras que las muestras iguales o mayores a 50 por el método Kolmogorov – Smirnov. Para esta investigación se toma el método Shapiro - Wilk, por tener una muestra menor a 50, partiendo del siguiente planteamiento de hipótesis:

Expresión simbólica de la hipótesis:

Ho: La dispersión de los datos tiene una distribución normal.

Ha: La dispersión de los datos no tiene una distribución normal.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Reglas de decisión:

Si p-value es menor a 0.05, la Ho se considera como falsa.

Si p-value es mayor o igual a 0.05, la Ho se considera como verdadera.

Desarrollo de la prueba:

Tabla 20. Prueba de normalidad para compresión axial por pila (Edad de la muestra = 28 días)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1 (0%)	,232	4	.	,968	4	,827
T2 (0%)	,347	4	.	,807	4	,115
T3 (0%)	,312	4	.	,899	4	,428
T4 (0%)	,441	4	.	,630	4	,006

De la Tabla N. ° 20, se verifica que, Sig. tiene valores superiores a 0.05, tanto para el tratamiento control, T1, como para los otros tratamientos, T2, T3 y T4, por lo que, se acepta la hipótesis nula, que señala que la dispersión de los datos tiene una distribución normal.

c. Prueba de ANOVA

Se realizó el análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión axial por pila para cada tratamiento. Las muestras de adobe sometidas al ensayo tuvieron un período de secado de 28 días.

Expresión simbólica de las hipótesis:

Ho: Todos los tratamientos son iguales entre sí ($T1 = T2 = T3 = T4$).

Ha: Todos los tratamientos no son iguales entre sí ($T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$).

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Regla de decisión:

Si la F calculada es mayor que la F tabulada, la Ho se considera como falsa.

Desarrollo de la prueba:

Tabla 21. Análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión axial por pila

FV	GL	SCD	CM	FC	FT		Sig.	
					5%	1%	5%	1%
Tratamiento	3	10.07	3.36	0.20	3.098	-	*	-
Error	12	205.72	17.14					
Total	15	215.79						

La Tabla 21, análisis de varianza para los ensayos de resistencia a la compresión axial por pila del adobe, indica que para los distintos tratamientos la F calculada (0,20) es menor que la F tabulada al 5% (3,098).

Decisión sobre la Ho:

La F calculada es menor que la F tabulada, entonces, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (Ha).

Conclusión:

Al aceptar la hipótesis nula (Ho), se afirma que los tratamientos son estadísticamente iguales entre sí, lo que significa que, los diferentes porcentajes de ceniza de residuo de tarwi no lograron efectos suficientes para causar variación respecto al tratamiento control ni entre ellos.

Por consiguiente, no se realiza la comparación de medias (Prueba de Duncan) para determinar cuál de los tratamientos son diferentes entre sí.

d. Coefficiente de variación

$$CV\% = \frac{\sqrt{CM_{err}}}{\bar{X}} \times 100 \quad CV\% = \frac{\sqrt{17,14}}{5,96} \times 100 \quad CV = 69,51 \%$$

El CV de 69,51%, determina que la dispersión de datos en análisis se aproxima a la media central o son parecidos en el porcentaje señalado.

*** Respuesta a la segunda hipótesis a probar**

Por los resultados de las pruebas realizadas, se acepta la hipótesis nula (H_0): **La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión axial por pila del adobe -Andahuaylas - 2022.**

4.2.4. Tercera hipótesis por probar (Tercera hipótesis específica)

Planteamiento de la hipótesis nula e hipótesis alterna

Hipótesis nula (H_0): La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe - Andahuaylas - 2022.

Hipótesis alterna (H_a): La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe - Andahuaylas - 2022.

Para contrastar las hipótesis planteadas se seguirá los procedimientos establecidos a continuación en: a, b, c y d.

a. Datos de Análisis

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe. Los rangos de los valores van desde los 2,80 kg/cm² a 6,50 kg/cm², y el promedio general entre los tratamientos es 4,21 kg/cm².

Tabla 22. Datos de análisis para ensayos de resistencia a compresión diagonal por murete

N.º	T1	T2	T3	T4	
1	5.30	4.10	3.30	4.30	
2	6.50	2.80	4.30	3.80	
3	5.20	3.80	3.50	4.30	
4	5.70	4.00	3.60	4.20	
Σ	22.70	14.70	14.70	16.60	68.70
$\bar{X}$	5.68	3.68	3.68	4.15	4.30

b. Prueba de NORMALIDAD

Existen muchos métodos para desarrollar esta prueba.

En este estudio, se hace referencia a dos métodos bastante conocidos que trabajan de forma conjunta y son Shapiro - Wilk y Kolmogorov - Smirnov. Se opta uno de ellos dependiendo de lo siguiente; muestras menores a 50, serán procesadas por el método Shapiro – Wilk, mientras que las muestras iguales o mayores a 50 por el método Kolmogorov – Smirnov. Para esta investigación se toma el método Shapiro - Wilk, por tener una muestra menor a 50, partiendo del siguiente planteamiento de hipótesis:

Expresión simbólica de la hipótesis:

Ho: La dispersión de los datos tiene una distribución normal.

Ha: La dispersión de los datos no tiene una distribución normal.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Reglas de decisión:

Si p-value es menor a 0.05, la Ho se considera como falsa.

Si p-value es mayor o igual a 0.05, la Ho se considera como verdadera.

Desarrollo de la prueba:

Tabla 23. Prueba de normalidad para compresión diagonal por murete (Edad de la muestra = 28 días)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T1 (0%)	,241	4	.	,960	4	,788
T2 (1%)	,333	4	.	,804	4	,111
T3 (2%)	,318	4	.	,873	4	,310
T4 (3%)	,333	4	.	,763	4	,051

De la Tabla 23, se verifica que, Sig. tiene valores superiores a 0.05, tanto para el tratamiento control, T1, como para los otros tratamientos, T2, T3 y T4, por lo que, se acepta la hipótesis nula, que señala que la dispersión de los datos tiene una distribución normal.

c. Prueba de ANOVA

Se realizó el análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete para cada tratamiento. Las muestras de adobe sometidas al ensayo tuvieron un período de secado de 28 días.

Expresión simbólica de la hipótesis:

Ho: Todos los tratamientos son iguales entre sí ($T1 = T2 = T3 = T4$).

Ha: Todos los tratamientos no son iguales entre sí ($T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$).

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Regla de decisión:

Si la F calculada es mayor que la F tabulada, la Ho se considera como falsa.

Desarrollo de la prueba:

Tabla 24. Análisis de varianza para ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete

FV	GL	SCD	CM	FC	FT		Sig.	
					5%	1%	5%	1%
Tratamiento	3	4.85	1.62	0.20	3.098	-	*	-
Error	12	102.44	8.54					
Total	15	107.29						

La Tabla 24, análisis de varianza para los ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete, indica que para los distintos tratamientos la F calculada (0,20) es menor que la F tabulada al 5% (3,098).

Decisión sobre la Ho:

La F calculada es menor que la F tabulada, entonces, se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza la hipótesis alterna (Ha).

Conclusión:

Al aceptar la hipótesis nula (Ho), se afirma que los tratamientos son estadísticamente iguales entre sí, lo que significa que, los diferentes porcentajes de ceniza de residuo de tarwi no lograron efectos suficientes para causar variación respecto al tratamiento control ni entre ellos.

Por consiguiente, no se realiza la comparación de medias (Prueba de Duncan) para determinar cuál de los tratamientos son diferentes entre sí.

d. Coeficiente de variación

$$CV\% = \frac{\sqrt{CMerr}}{\underline{X}} \times 100 \quad CV\% = \frac{\sqrt{8,54}}{4,30} \times 100 \quad CV = 67.96 \%$$

El CV de 67.96 %, determina que la dispersión de datos en análisis se aproxima a la media central o son parecidos en el porcentaje señalado.

*** Respuesta a la tercera hipótesis a probar**

Por los resultados de las pruebas realizadas, se acepta la hipótesis nula (Ho): **La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe - Andahuaylas - 2022.**

**** Respuesta a la hipótesis general**

Con lo probado en cada una de las hipótesis específicas, se acepta la hipótesis nula general (Ho): **La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi no mejora la resistencia a la compresión del adobe - Andahuaylas - 2022.**

4.3. Discusión

Conforme a la Prueba de Hipótesis, a partir de los hallazgos encontrados, se acepta la **Hipótesis Nula General**, que establece que no existe relación de dependencia entre la adición de ceniza de residuo de tarwi y la resistencia a la compresión del adobe. Ya que, la adición parcial en diferentes porcentajes influyó negativamente, disminuyendo las resistencias a la compresión axial por unidad y pila y, diagonal por murete.

Así, para los ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad, con dimensiones de 30 x 15 x 10 cm, realizados a los 28 días de secado, se obtuvo los resultados que se muestran en la siguiente figura:

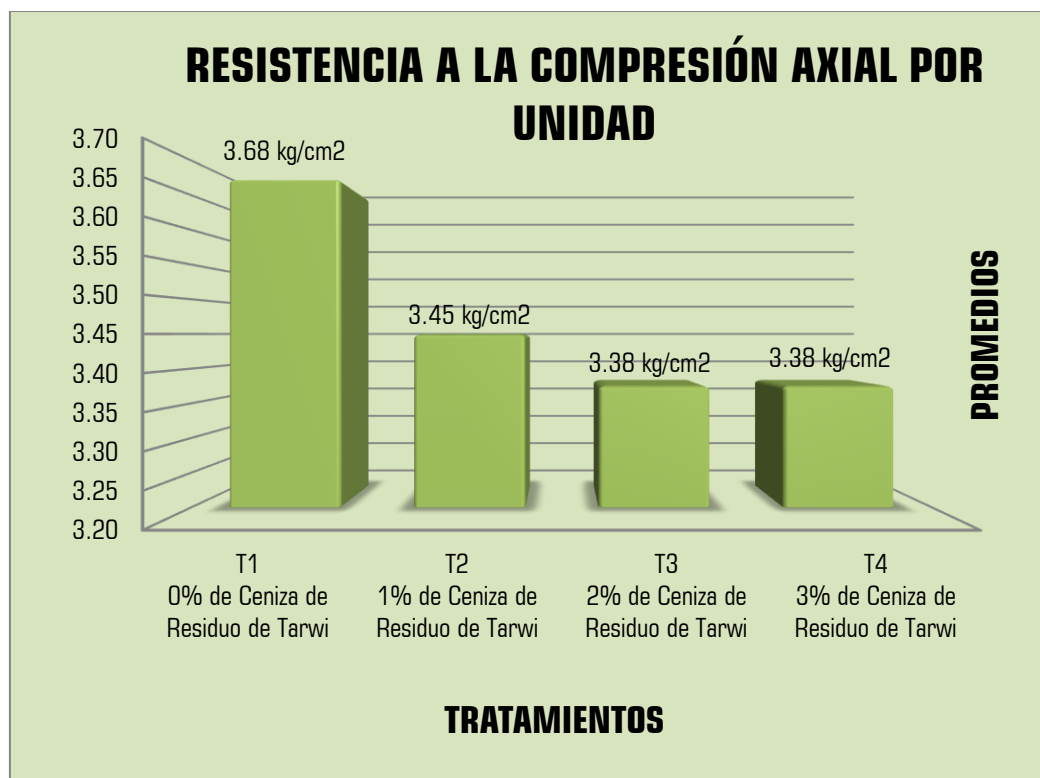


Figura 61. Promedio de ensayos de resistencia a la compresión axial por unidad (kg/cm²)

En la que todos los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales, aunque mostraban diferencias aritméticas. Siendo negativa la influencia de la ceniza de residuo de tarwi, ya que las adiciones de 1%, 2% y 3%, respecto al tratamiento control, disminuyeron las resistencias en el orden de 6.25%, 8.15% y 8.15%, respectivamente.

resultados guardan relación con lo encontrado por Idrogo (17), quien, en las condiciones particulares de su estudio con unidades de $15 \times 15 \times 10$ cm, al agregar 8% y 10% de ceniza de biomasa arbórea (eucalipto), verificó que la resistencia a la compresión, a los 28 días de secado, había disminuido en un 51.42% y 63.87%, respectivamente. Esto coincide con los hallazgos del presente estudio. Sin embargo, aunque la tendencia final es similar, es necesario precisar que Idrogo utilice ceniza proveniente de una especie vegetal diferente (eucalipto) y en porcentajes distintos a los empleados en esta investigación.

Pero, Sin embargo, los resultados no coinciden con lo encontrado por Flores y Paredes (16), quienes, en las condiciones particulares de su estudio con unidades de $10 \times 10 \times 10$ cm, evalúan el uso de varios estabilizantes en diferentes porcentajes, empleando tierras de dos canteras distintas. En su estudio, al incorporar ceniza de cascarilla de arroz al 3 %, 5 % y 8 % en bloques de adobe tradicional, una de las canteras mostró una mejora significativa en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, incrementando la resistencia a la compresión en un

151.52 %, 209.78 % y 118.48 %, respectivamente, a los 28 días de secado. En este estudio, no se obtuvieron resultados similares.

Por otro lado, para los ensayos de resistencia a la compresión axial por pila, con dimensiones de $30 \times 20 \times 10$ cm, realizados a los 28 días de secado, se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente figura:

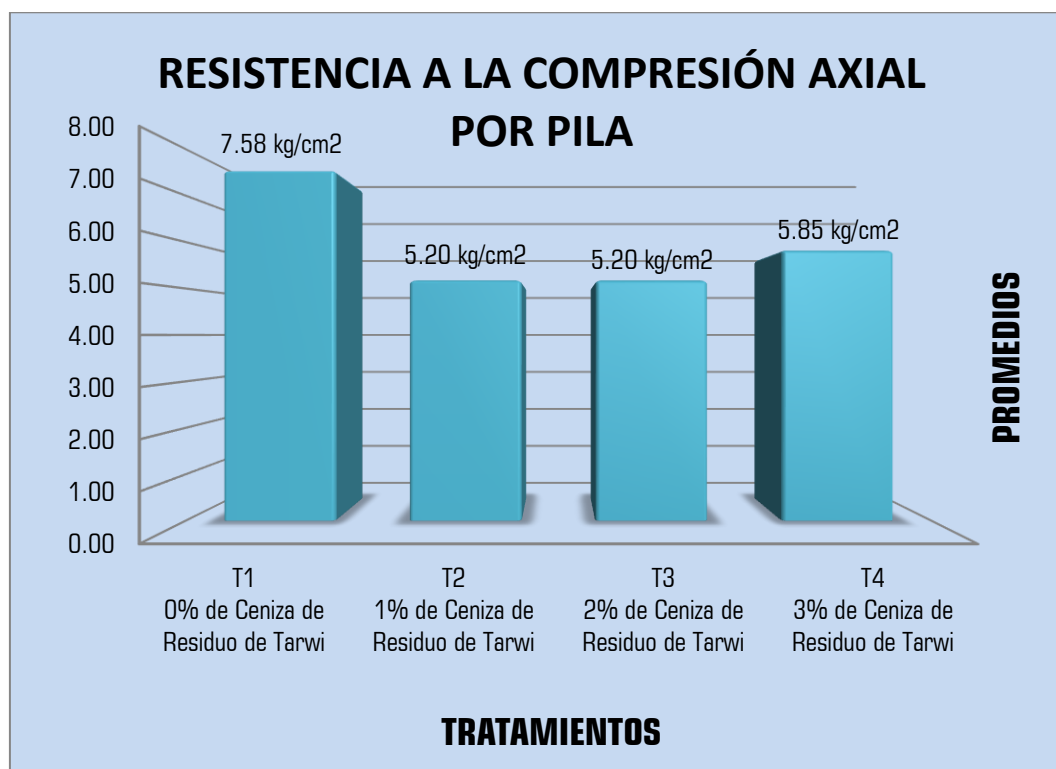


Figura 62. Promedio de ensayos de resistencia a la compresión axial por pila (kg/cm

En este estudio, todos los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales, aunque se observaron diferencias aritméticas. La influencia de la ceniza de residuo de tarwi fue negativa, ya que las adiciones de 1 %, 2 % y 3 %, respecto al tratamiento control, disminuyeron la resistencia en un 31.40 %, 31.40 % y 22.82 %, respectivamente.

Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Sandoval (15), quien, en las condiciones particulares de su estudio con pilas de $30 \times 30 \times 20$ cm, verificó que, al incorporar ceniza de carbón y cal en proporciones iguales de 3 %, 5 %, 8 %, 10 % y 12 %, todas las adiciones, excepto la del 3 %, mejoraron la resistencia a la compresión a los 28 días de secado, en un 0.21 %, 3,08 %, 12,11 % y 19,30 %, respectivamente. En este estudio, no se obtuvieron esos resultados.

Asimismo, los resultados no concuerdan con lo hallado por Sasui, Watcharin y Sirimas (22), quienes, en las condiciones particulares de su estudio con pilas de $20 \times 15 \times 30$ cm, evalúan la influencia de la cáscara de arroz cruda y la ceniza de cáscara de arroz quemada en pilas, utilizando un 2 % en ambos casos, respecto al peso seco del suelo.

En los ensayos realizados a los 28 días de secado, los resultados mostraron que la cáscara de arroz crudo mejoró la resistencia a la compresión en un 24,26 %. Sin embargo, la ceniza de cáscara de arroz quemada disminuyó la resistencia en un 9.56 %, lo cual los autores atribuyen a las altas temperaturas del proceso de calcinación en pilas, que habrían afectado negativamente sus propiedades cimentantes.

Finalmente, para los ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete, con dimensiones de $30 \times 30 \times 15$ cm, realizados a los 28 días de secado, se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente figura:

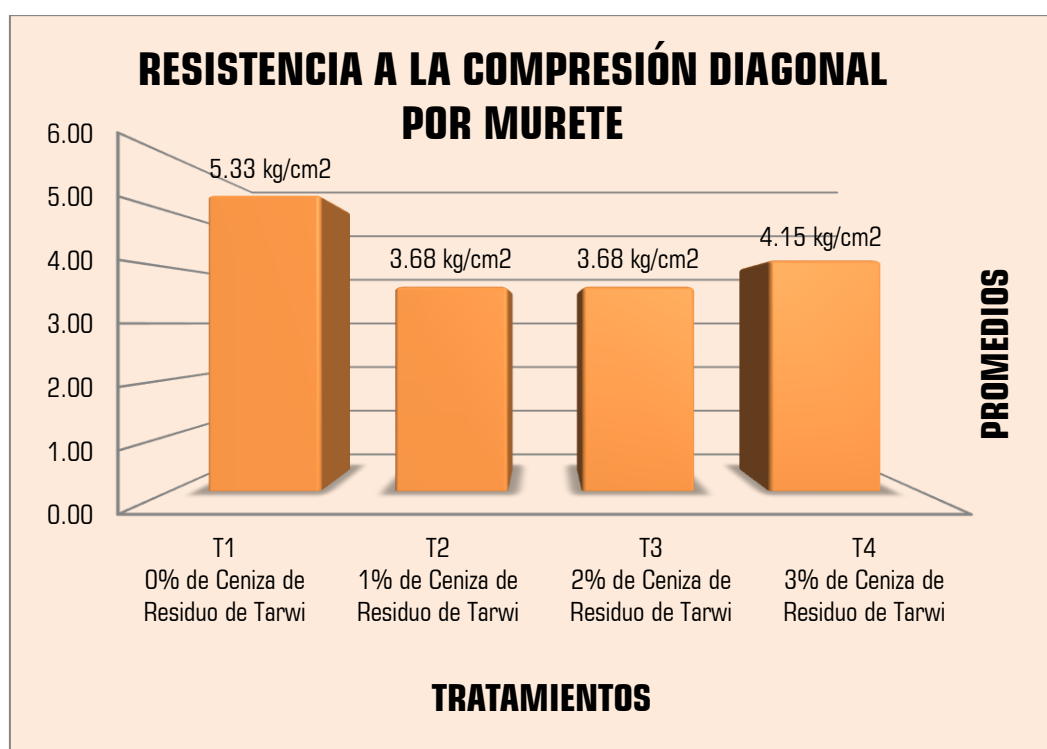


Figura 63. Promedio de ensayos de resistencia a la compresión diagonal por murete (kg/cm²)

En este estudio, todos los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales, aunque se observaron diferencias aritméticas. La influencia de la ceniza de residuo de tarwi fue negativa, ya que las adiciones de 1 %, 2 % y 3 %, respecto al tratamiento control, disminuyeron las resistencias en un 30.96 %, 30.96 % y 24.14 %, respectivamente.

Estos resultados tampoco coinciden con lo encontrado por Sandoval (15), quien, en las condiciones particulares de su estudio con muretes de $50 \times 50 \times 20$ cm, verificó que, al incorporar ceniza de carbón y cal al adobe, ambas en proporciones iguales del 10 %, las unidades de muretes presentaron un incremento en la resistencia a la compresión del 40.59 %, en los ensayos realizados a los 28 días de secado. En este estudio, no se obtuvo ese resultado.

En general, estas diferencias en los tres tipos de ensayos comparados podrían deberse a varios factores, como el uso de material adicional, la cal y, sobre todo, las propiedades puzolánicas de la ceniza, las cuales varían según la especie vegetal utilizada. Además, las cantidades adicionadas influyen significativamente, ya que, según la literatura revisada, los rangos favorables para el uso de cenizas como estabilizantes varían entre el 2 % y el 30 %, ya sea de forma individual o combinada con otros materiales.

Otro aspecto determinante es el proceso de obtención de la ceniza, ya que las incineraciones a bajas o muy altas temperaturas afectan negativamente sus propiedades cementantes. La temperatura óptima de incineración oscila entre 450 y 700 °C, durante tiempos controlados, lo que favorece la formación de bases de sílice amorfas (no cristalinas), que son más reactivas. El contenido de sílice es lo que confiere propiedades puzolánicas a la ceniza. Este proceso incluye una incineración inicial in situ y una reincineración en horno o mufla. No obstante, para grandes cantidades, se debe realizar un análisis económico para evaluar la viabilidad del proceso.

En este estudio, la baja actividad puzolánica de la ceniza de residuo de tarwi podría haberse producido debido a la naturaleza cristalina o semicristalina de las bases de sílice, lo que indica un bajo nivel de amorficidad (poca reactividad), resultado de una combustión deficiente y un elevado tamaño de partícula (34). Además, la ceniza fue utilizada sin ningún tratamiento de activación mecánica u otro tipo, lo que podría haber mejorado sus propiedades puzolánicas.

CONCLUSIONES

- La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi tuvo una influencia negativa en la resistencia a la compresión del adobe, ya que las dosis añadidas disminuyeron la resistencia a la compresión axial por unidad, la resistencia a la compresión axial por pila y la resistencia a la compresión diagonal por murete. En todos los casos, los valores obtenidos fueron inferiores a los del tratamiento control.
- En cuanto a la resistencia a compresión axial por unidad, los valores obtenidos fueron: T1 (0 %): 3.68 kg/cm², T2 (1 %): 3.45 kg/cm², T3 (2 %): 3.38 kg/cm² y T4 (3 %): 3.38 kg/cm². Se verificó que las adiciones en el orden de 1 %, 2 % y 3 %, respecto al control del tratamiento, disminuyendo la resistencia en 6.25 %, 8.15 % y 8.15 %, respectivamente. Además, ninguno de los valores obtenidos superó la resistencia última de 10,2 kg/cm², establecida en la Norma E.080 para este tipo de ensayo.
- En cuanto a la resistencia a compresión axial por pila, los valores obtenidos fueron: T1 (0 %): 7.58 kg/cm², T2 (1%): 5.20 kg/cm², T3 (2 %): 5.20 kg/cm² y T4 (3%): 5.85 kg/cm². Se verificó que las adiciones en el orden de 1 %, 2 % y 3 %, respecto al control del tratamiento, disminuyeron la resistencia en 31.40 %, 31.40 % y 22.82 %, respectivamente. Además, todos los valores obtenidos, a excepción del T1, no superaron la última resistencia de 6,12 kg/cm², establecida en la Norma E.080 para este tipo de ensayo.
- En cuanto a la resistencia a compresión diagonal por murete, los valores obtenidos fueron: T1 (0 %): 5.33 kg/cm², T2 (1%): 3.68 kg/cm², T3 (2 %): 3.68 kg/cm² y T4 (3 %): 4.15 kg/cm². Se verificó que las adiciones en el orden de 1 %, 2 % y 3 %, respecto al control del tratamiento, disminuyeron la resistencia en 30.96 %, 30.96 % y 24.14 %, respectivamente. No obstante, todos los valores obtenidos superaron la resistencia última de 0,25 kg/cm², establecida en la Norma E.080 para este tipo de ensayo.

RECOMENDACIONES

- Plantear estudios con la incorporación de otras alternativas de ceniza de residuos de cosecha, como el trigo, el maíz o el carrizo, en tierras de canteras locales, debido a que son desechos que se producen en abundancia. Asimismo, se sugiere incorporar pajas de trigo o cebada para analizar sus efectos sobre las propiedades físicas, mecánicas y químicas del adobe.
- Plantear estudio con ceniza reincidentada a temperaturas de 450 °C – 700 °C, con el fin de obtener una ceniza de mayor calidad, tales como se realiza en los estudios con adiciones en concreto.
- Evaluar el aspecto económico para la producción de grandes cantidades de ceniza de residuo de tarwi en hornos o equivalentes.
- Continuar con los ensayos de compresión axial y diagonal como pruebas principales para la verificación de la resistencia a compresión (propiedad mecánica) del adobe frente a la acción de fuerzas externas.
- Considerar que las nuevas investigaciones, siempre deben tomar en cuenta aspectos económicos y medio ambientales, de tal forma, sean económicamente accesibles y amigables con el entorno natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ANGULO JARAMILLO, Darío Ernesto y CARREÑO CHARRY, Ana Katherine.** *El Bloque de Tierra Comprimido o BTC Una alternativa de Construcción para la Arquitectura Contemporánea.* Medellín : s.n., 2017.
2. **BRADLEY, Ryan Anthony y GOHNERT, Mitchell y BULOVIC, Ivanka.** *Construction Considerations for Low Cost Earth Brick Shells.* Malaysia : s.n., 2018.
3. **BEN MANSOUR, Mohamed, y otros.** *Influence of Compaction Pressure on the Mechanical and Acoustic Properties of Compacted Earth Blocks: An Inverse Multi-Parameter Acoustic Problem.* Marseille : s.n., 2017.
4. **OUEDRAOGO, Kouka Amed Jeremy, AUBERT, Jean-Emmanuel y TRIBOUT, Christelle y ESCADEILLAS, Gilles.** *Is Stabilization of Earth Bricks Using Low Cement or Lime Contents Relevant?* Toulouse : 2020.
5. **VISSAC, Aurélie, BOURGÈS, Ann, GANDREAU, David y ANGER, Romain y FONTAINE, Laetitia.** *Argiles et Biopolymères: Les Stabilisants Naturels pour la Construction en Terre.* Paris : s.n., 2017.
6. **VAN DAMME, Henri y HOUBENC, Hugo.** *Earth Concrete. Stabilization Revisited.* Massachusetts : s.n., 2018.
7. **CABRERA, Santiago Pedro, ARANDA JIMÉNEZ, Yolanda Guadalupe y SUÁREZ DOMÍNGUEZ, Edgardo Jonathan y ROTONDARO, Rodolfo.** *Bloques de Tierra Comprimida (BTC) Estabilizados con Cal y Cemento. Evaluación de su Impacto Ambiental y su Resistencia a Compresión.* Buenos Aires : s.n., 2020.
8. **GIMENO, Fernando.** *La Construcción de Adobe más Antigua de América Emerge en Perú con 5.500 Años.* [En línea] 2021. [Citado el: 25 de Diciembre de 2022.] <https://www.swissinfo.ch>.
9. **Instituto Geofísico del Perú.** *Pisco 2007: 13 Años de un Sismo Devastador.* Lima : s.n., 2020.
10. **Instituto Nacional de Estadística e Informática.** *En el País Existen Más de Diez Millones de Viviendas Particulares Censadas.* Lima : s.n., 2022.
11. **Agencia Peruana de Cooperación Internacional.** *Proyecto Adobe como Cultura Constructiva Local entre Perú-Argentina Inicia Actividades de Intercambio Presencial.* Lima : s.n., 2022.
12. **Diario Chaski.** *Sismo Afectó a Viviendas de Adobe y Locales Educativos en Abancay.* Abancay : Chaski, 2022.
13. **CASTILLO TALAVERA, Luis Angel.** *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe con fibra de lana y polímero reciclado en Curahuasi – Abancay – Apurímac.* 2022 : s.n., 2022.

14. **MASGO PRINCIPE, Marilia Marili y QUINTANA VENANCIO, Donaira Berenize y REYES UNCHUPAICO, Yuliana Tania.** *Adobes con ceniza de cáscara de arroz aplicados a la construcción de arcos para vanos arquitectónicos sin dintel en viviendas de tierra en la Comunidad de Chinche, distrito Yanahuanca - Pasco - 2021.* Huancayo : s.n., 2021.
15. **SANDOVAL ALVARADO, Grecia Darinka.** *Evaluación de la Erosión y la Resistencia del Adobe Adicionado con Cenizas de Carbón y Cal.* Chiclayo : s.n., 2021.
16. **FLORES CHUCUYA, Miguel Arturo y PAREDES ROBLES, José Rubén.** *Mejora de las Características Físicas y Mecánicas del Adobe Empleando Aditivos Naturales de la Zona – C.P. Cambio Puente y Anexos.* Chimbote : s.n., 2018.
17. **IDROGO SEMPERTEGUI, Stewart Downey.** *Propiedades Mecánicas del Adobe Compactado Tradicional y el Adobe Compactado con Ceniza de Biomasa Arbórea.* Cajamarca : s.n., 2018.
18. **MENDOZA LLANOS, Kelvin.** *Evaluación de la Resistencia del Adobe Fabricado con Adición de Ceniza y Arena.* Chachapoyas : s.n., 2018.
19. **DHAREK, M S., y otros.** *Experimental Investigations on Utilization of Bagasse Ash in Adobe Bricks.* Singapur : s.n., 2021. 10.1007/978-981-16-2826-9_31.
20. **LAWAL BATAGARAWA, Amina y AYODEJI ABODUNRIN, Joshua y LAWAL SAGADA, Musa.** *Enhancing the Thermophysical Properties of Rammed Earth by Stabilizing with Corn Husk Ash.* 2018. 10.1007/978-3-319-94595-8_34.
21. **ELAHI, T. E., SHAHRIAR, A. R. y ALAM, M. K. y ABEDIN, M. Z.** *Effectiveness of Saw Dust Ash and Cement for Fabrication of Compressed Stabilized Earth Blocks.* 2020. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120568.
22. **SASUI, Sasui y WATCHARIN, Jinwuth y SIRIMAS, Hengrasmee.** *The Effects of Raw Rice Husk and Rice Husk Ash on the Strength and Durability of Adobe Bricks.* 2018. 10.28991/cej-0309128.
23. **BUSTAMANTE ORJUELA, Karen y MENDOZA MANTILLA, Danny.** *BTC con Adición de Ceniza de Bagazo de Caña como Solución a la Autoconstrucción de Vivienda en Zona Rural del Municipio de Nimaima.* Bogotá : s.n., 2017.
24. **Reglamento Nacional de Edificaciones (NORMA E.080).** *Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.* Lima : s.n., 2017.
25. **QUINTANA CHOQUELUQUE, Diana Lisbeth y VERA SALIZAR, Mithdwar Octavio.** *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total del agua en peso por Mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.* Cusco : s.n., 2017.
26. **Análisis de Mercado.** *Análisis de Mercado.* Lima : s.n., 2021.

27. **MALLQUI SANCHEZ, Ruben Teodosio.** *Influencia en las propiedades físico mecánicas del concreto $f'c=210\text{Kg/Cm}^2$ al sustituir cemento por ceniza de tallo de tarwi, Huaraz – 2022.* Huaraz : s.n., 2022.
28. **QUISPE CHOQUE, Edwin Gonzalo.** *Adición de Ceniza de Tarwi en la Producción de Concreto con $F'c$ 210 kg/cm².* Juliaca : s.n., 2019.
29. **NEILL, David y CORTEZ, Liliana.** *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica.* Machala : Machala, 2018. 978-9942-24-093-4.
30. **BORJA SUÁREZ, Manuel.** *Metodología de la investigación científica para ingenieros.* Chiclayo : s.n., 2012.
31. **CRESWELL, JOHN. y CRESWELL, David.** *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.* Sage, Newbury Park : Sage, 2017.
32. **OCHOA, S.** *Teorías de la metodología de la investigación.* Bogotá : s.n., 2018.
33. **HERNÁNDEZ, Roberto y FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar.** *Metodología de la investigación.* México : Interamericana, 2014.
34. *Properties of Autoclaved Aerated Concrete Incorporating Rice Husk Ash as Partial Replacement for Fine Aggregate.* **KUNCHARIYAKUN, Kittipong y ASAVAPISIT, Suwimol y SOMBATSOMPOP, Kwannate.** pág 11 - 16, s.l. : Cement & concrete composites, 2015, Vol. 55.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General ¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión axial del adobe al adicionar parcialmente ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?	Objetivo General Determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial del adobe al adicionar parcialmente ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022	Hipótesis General La adición parcial de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión del adobe - Andahuaylas - 2022	Independiente Ceniza de residuo de tarwi	Porcentaje (%) de dosificación de ceniza de residuo de tarwi en proporción al peso de tierra	0 % de ceniza de residuo de tarwi Adición de 1 % de ceniza de residuo de tarwi Adición de 2 % de ceniza de residuo de tarwi Adición de 3 % de ceniza de residuo de tarwi	Ficha de recolección de datos (balanza digital)
Problema Específico 1 ¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión axial por unidad de adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?	Objetivo Específico 1 Determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022	Hipótesis Específica 1 La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión axial por unidad del adobe - Andahuaylas - 2022				
Problema Específico 2 ¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión axial por pila de adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?	Objetivo Específico 2 Determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial por pila del adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022	Hipótesis Específica 2 La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión axial por pila del adobe - Andahuaylas - 2022	Dependiente Estabilización del adobe	Propiedades del adobe en estado seco	Resistencia al ensayo de compresión	Ficha de recolección de datos del ensayo de compresión según Norma ASTM C39
Problema Específico 3 ¿Cuál sería la influencia en la resistencia a la compresión diagonal por murete de adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022?	Objetivo Específico 3 Determinar la influencia en la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe al adicionar parcialmente 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi - Andahuaylas – 2022	Hipótesis Específica 3 La adición parcial de 1%, 2% y 3% de ceniza de residuo de tarwi mejora la resistencia a la compresión diagonal por murete del adobe - Andahuaylas - 2022				

Anexo 2. Resultados de campo

UNIDADES MUESTRALES (PROBETAS) DEL TRATAMIENTO 1 (0 % DE ADICIÓN DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI)

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por unidad

MUESTRA	L	A	H	ÁREA	UND
N. ° 1	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 2	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 3	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 4	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 5	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 6	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por pila

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
Muestra N. ° 1	30x20x10	N. ° 1	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 2	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 3	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30x20x10	N. ° 4	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 5	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 6	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30x20x10	N. ° 7	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 8	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 9	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30x20x10	N. ° 10	20x10x10	200.00	cm ²

		N. ° 11	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 12	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 13	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30x20x10	N. ° 14	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 15	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 16	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30x20x10	N. ° 17	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 18	20x10x10	200.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión diagonal por murete

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30 x 30 x 15	N. ° 2	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 3	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 4	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30 x 30 x 15	N. ° 5	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 6	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 7	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30 x 30 x 15	N. ° 8	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 9	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 10	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30 x 30 x 15	N. ° 11	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 12	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30 x 30 x 15	N. ° 13	30 x 30 x 15	450.00	cm ²

		N. ° 14	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 15	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 16	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30 x 30 x 15	N. ° 17	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 18	30 x 30 x 15	450.00	cm ²

**UNIDADES MUESTRALES (PROBETAS) DEL TRATAMIENTO 2
(1 % DE ADICIÓN DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI)**

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por unidad

MUESTRA	L	A	H	ÁREA	UND
N. ° 1	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 2	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 3	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 4	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 5	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 6	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por pila

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30 x 20 x 10	N. ° 2	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 3	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 4	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30 x 20 x 10	N. ° 5	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 6	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 7	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30 x 20 x 10	N. ° 8	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 9	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 10	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30 x 20 x 10	N. ° 11	20 x 10 x 10	200.00	cm ²

		N. ° 12	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 13	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30 x 20 x 10	N. ° 14	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 15	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 16	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30 x 20 x 10	N. ° 17	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 18	20 x 10 x 10	200.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión diagonal por murete

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30 x 30 x 15	N. ° 2	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 3	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 4	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30 x 30 x 15	N. ° 5	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 6	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 7	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30 x 30 x 15	N. ° 8	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 9	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 10	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30 x 30 x 15	N. ° 11	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 12	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 13	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30 x 30 x 15	N. ° 14	30 x 30 x 15	450.00	cm ²

		N. ° 15	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 16	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30 x 30 x 15	N. ° 17	30 x 30 x 15	450.00	cm ²
		N. ° 18	30 x 30 x 15	450.00	cm ²

**UNIDADES MUESTRALES (PROBETAS) DEL TRATAMIENTO 3
(2 % DE ADICIÓN DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI)**

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por unidad

MUESTRA	L	A	H	ÁREA	UND
N. ° 1	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 2	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 3	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 4	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 5	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 6	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por pila

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30 x 20 x 10	N. ° 2	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 3	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 4	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30 x 20 x 10	N. ° 5	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 6	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 7	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30 x 20 x 10	N. ° 8	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 9	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 10	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30 x 20 x 10	N. ° 11	20 x 10 x 10	200.00	cm ²

		N. ° 12	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 13	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30 x 20 x 10	N. ° 14	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 15	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 16	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30 x 20 x 10	N. ° 17	20 x 10 x 10	200.00	cm ²
		N. ° 18	20 x 10 x 10	200.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión diagonal por murete

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30 x 30 x 15	N. ° 2	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 3	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 4	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30 x 30 x 15	N. ° 5	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 6	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 7	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30 x 30 x 15	N. ° 8	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 9	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 10	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30 x 30 x 15	N. ° 11	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 12	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30 x 30 x 15	N. ° 13	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 14	30 x 15 x 10	450.00	cm ²

			N. ° 15	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
			N. ° 16	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30 x 30 x 15	N. ° 17	30 x 15 x 10	450.00	cm ²	
			N. ° 18	30 x 15 x 10	450.00	cm ²

**UNIDADES MUESTRALES (PROBETAS) DEL TRATAMIENTO 4
(3 % DE ADICIÓN DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI)**

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por unidad

MUESTRA	L	A	H	ÁREA	UND
N. ° 1	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 2	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 3	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 4	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 5	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²
N. ° 6	30.00	15.00	10.00	450.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión axial por pila

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30x20x10	N. ° 2	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 3	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 4	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30x20x10	N. ° 5	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 6	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 7	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30x20x10	N. ° 8	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 9	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 10	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30x20x10	N. ° 11	20x10x10	200.00	cm ²

		N. ° 12	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 13	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30x20x10	N. ° 14	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 15	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 16	20x10x10	200.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30x20x10	N. ° 17	20x10x10	200.00	cm ²
		N. ° 18	20x10x10	200.00	cm ²

Dimensiones de la muestra: Ensayo de compresión diagonal por murete

MUESTRA	DIMENSIÓN	ADOBE	DIMENSIÓN	ÁREA	UND
		N. ° 1	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 1	30 x 30 x 15	N. ° 2	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 3	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 4	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 2	30 x 30 x 15	N. ° 5	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 6	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 7	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 3	30 x 30 x 15	N. ° 8	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 9	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 10	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 4	30 x 30 x 15	N. ° 11	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 12	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
		N. ° 13	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 5	30 x 30 x 15	N. ° 14	30 x 15 x 10	450.00	cm ²

			N. ° 15	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
			N. ° 16	30 x 15 x 10	450.00	cm ²
Muestra N. ° 6	30 x 30 x 15	N. ° 17	30 x 15 x 10	450.00	cm ²	
			N. ° 18	30 x 15 x 10	450.00	cm ²

**Anexo 3. Resultados de ensayos
de laboratorio**

**CERTIFICADO DE ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ÓXIDOS DE CENIZA DE
RESIDUO DE TARWI**



MATESTLAB S.A.C.
Laboratorio de Ensayos de Materiales

CERTIFICADO DE ENSAYO

CQ-4371933-05

1. DATOS DEL CLIENTE

- a. **Solicitante** : ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA
b. **Tesis** : "INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE
ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE
RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS 2022"

2. FECHAS DE ENSAYO

- a. **Inicio** : 17/10/2022
b. **Finalización** : 19/10/2022
c. **Emisión de Informe** : 20/10/2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

- a. **Temperatura** : 20.3 °C
b. **Humedad Relativa** : 35%

4. ENSAYO SOLICITADO Y MÉTODO UTILIZADO

- a. **Ensayo solicitado /** : COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ÓXIDOS /
Método solicitado : FLUORESCENCIA DE RAYOS X

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

TABLA 1: DATOS DE LA MUESTRA A ENSAYAR

CÓDIGO	NOMBRE DE PRODUCTO	INFORMACIÓN ADICIONAL
MTL-426-08	Ceniza de residuo de Tarwi	Código de muestra: CE018 Toma de muestra: 14/10/22

* Los resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio por parte del solicitante.

6. PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA

- Peso específico de las partículas de ceniza de residuo de Tarwi: 2.18 g/cm³



MATESTLAB S.A.C.
Laboratorio de Ensayos de Materiales

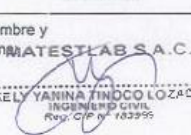
7. RESULTADOS

a. Resultados obtenidos:

TABLA 2: RESULTADOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

CÓDIGO	ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADO
MTL-426-08	Determinación de óxido de calcio (CaO)	%	17.35
	Determinación de dióxido de silicio (SiO ₂)	%	61.10
	Determinación de trióxido de azufre (SO ₃)	%	3.09
	Determinación de óxido de magnesio (MgO)	%	5.03
	Determinación de óxido de manganeso (MnO)	%	2.9
	Determinación de trióxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	%	6.17
	Determinación de pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅)	%	4.2
	Determinación de trióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	%	6.13
	Determinación de óxido de bario (BaO)	%	1.02
	Determinación de óxido de zinc (ZnO)	%	0.11
	Determinación de óxido de cobre (CuO)	%	0.08
	Determinación de trióxido de cromo (CrO ₃)	%	0.07
	Otros	%	5.02

* Los resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio por parte del solicitante.

MATESTLAB SAC					
TECNICO LEM		D.	JEFE LEM		D.
Nombre y firma: 	M:		Nombre y firma: 	M:	
	A:			A:	
 MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayos de Materiales			KELY YANINA TINDO LOZADA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 183295		
Nombre y firma:  MATESTLAB S.A.C. RUC: 20504738572			NICOLLE SANJA BARRETO INGENIERO ENERGETICO		

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO Y LÍMITES DE ATTERBERG

- Tratamiento 1 (con 0% de ceniza de residuo de tarwi)

Análisis granulométrico por tamizado:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE
CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL : CON 0 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

UBICACIÓN : _____

COORDENADAS :

FECHA RECEPCION : 2022-10-24

FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

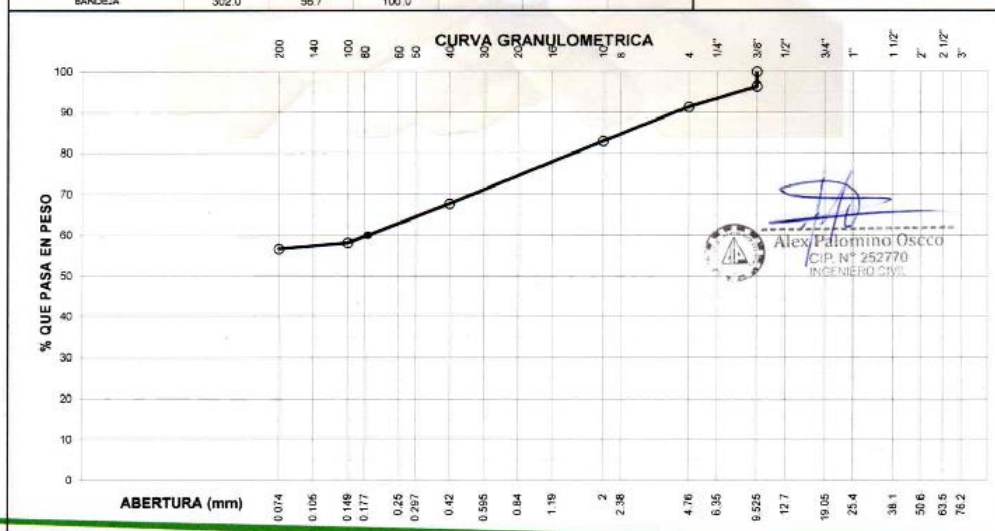
ING. RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL

SOLICITA : BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107-2000

TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL : 533 g
2 1/2"	63.50							PORCIÓN FINOS :
2"	50.80							% DE HUMEDAD : 7.7
1 1/2"	38.10							TAMAÑO MÁXIMO :
1"	25.40							% DE GRAVA : 8.6
3/4"	19.05							% DE ARENA : 91.4
1/2"	12.70							% PASANTE Nº 200 : 56.7
3/8"	9.53	19.0	3.6	3.6	96.4			L.L. : 25.7 %
1/4"	6.35							L.P. : 20 %
Nº 4	4.75	27.0	5.1	8.6	91.4			L.P. : 5.7 %
Nº 8	2.36							M.F. :
Nº 10	2.00	45.0	8.4	17.1	82.9			CLASIFIC. SUCS : CL-ML
Nº 16	1.19							CLASIF. AASHTO : A-4 (5)
Nº 20	0.85							D ₁₀ : C _u
Nº 30	0.60							D ₃₀ : C _c
Nº 40	0.42	81.0	15.2	32.3	67.7			D ₄₀ : C _c
Nº 50	0.30							OBSERVACIONES:
Nº 60	0.25							
Nº 80	0.18							
Nº 100	0.15	51.0	9.6	41.8	58.2			
Nº 140	0.11							
Nº 200	0.074	8.0	1.5	43.3	56.7			
BANDEJA		302.0	56.7	100.0				



Jr. Bolognesi Nº 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco Nº 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Límites de Atterberg:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL CON 0 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

UBICACIÓN : _____

COORDENADAS : _____

FECHA RECEPCION : 2022-10-24

FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL

SOLICITA : BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

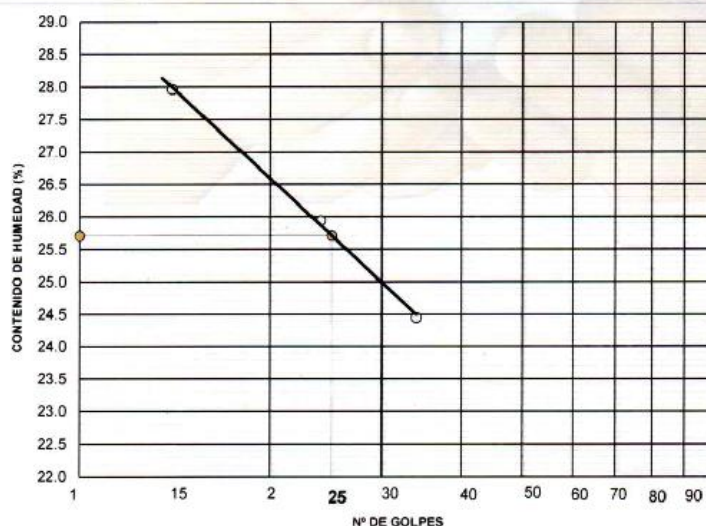
LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA Nº 40

LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000

NUMERO DE GOLPES, N	14	24	34		
Nº DEL DEPOSITO	1	2	3		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	48.93	46.32	46.72		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	44.17	42.05	43.15		
PESO DEL AGUA (g)	4.76	4.27	3.57		
PESO DEL DEPOSITO (g)	27.15	25.59	28.55		
PESO DEL SUELO SECO (g)	17.02	16.46	14.60		
CONTENIDO DE AGUA (w%)	27.97	25.94	24.45		

LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000

Nº DEL DEPOSITO	1	2			
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	28.17	18.42			
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	27.19	17.19			
PESO DEL AGUA (g)	0.98	1.23			
PESO DEL DEPOSITO (g)	22.22	11.11			
PESO DEL SUELO SECO (g)	4.97	6.08			
CONTENIDO DE AGUA (W%)	0.98	1.23			
% DE HUMEDAD	19.72	20.23			



L.L. = 25.7 %

L.P. = 20 %

I. P. = 5.7 %

OBSERVACIONES:



Alex Palomino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas

Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

• Tratamiento 2 (con 1% de ceniza de residuo de tarwi)

Análisis granulométrico por tamizado:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE
CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL : CON 1 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

UBICACIÓN : _____

COORDENADAS :

FECHA RECEPCIÓN : 2022-10-24

FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

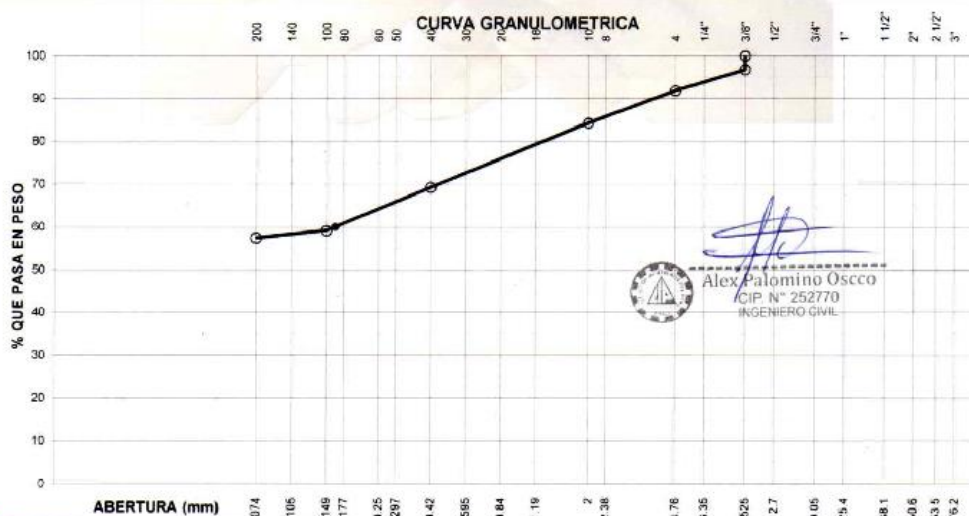
ING. RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL

SOLICITA : BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E 107-2000**

TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL 527 g
2 1/2"	63.50							PORCIÓN FINOS
2"	50.80							% DE HUMEDAD 7.7
1 1/2"	38.10							TAMAÑO MAXIMO
1"	25.40							% DE GRAVA 8.2
3/4"	19.05							% DE ARENA 91.8
1/2"	12.70							% PASANTE Nº 200 57.5
3/8"	9.53	17.0	3.2	3.2	96.8			L.L. 25.6 %
5/16"	6.35							L.P. 20.9 %
Nº 4	4.75	26.0	4.9	8.2	91.8			I.P. 4.7 %
Nº 8	2.36							M.F.
Nº 10	2.00	40.0	7.6	15.7	84.3			CLASIFIC. SUCS CL-ML
Nº 16	1.19							CLASIF. AASHTO A-4 (5)
Nº 20	0.85							D ₁₀ C _u
Nº 30	0.60							D ₃₀ C _c
Nº 40	0.42	79.0	15.0	30.7	69.3			D ₄₀
Nº 50	0.30							OBSERVACIONES
Nº 60	0.25							
Nº 80	0.18							
Nº 100	0.15	53.0	10.1	40.8	59.2			
Nº 140	0.11							
Nº 200	0.074	9.0	1.7	42.5	57.5			
BANDEJA		303.0	57.5	100.0				



Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas

Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Límites de Atterberg:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL CON 1 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

UBICACIÓN : _____

COORDENADAS : _____

FECHA RECEPCION : 2022-10-24

FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL

SOLICITA : BACH ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

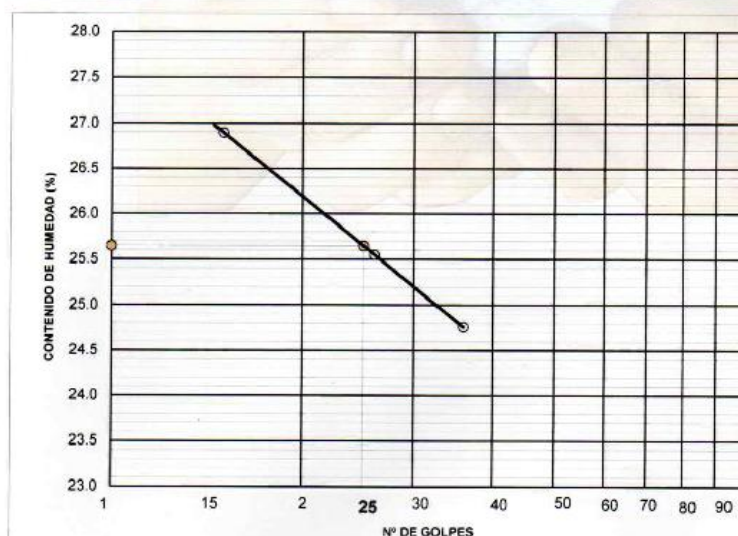
LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000

NUMERO DE GOLPES, N	15	26	36		
N° DEL DEPOSITO	1	2	3		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	47.03	46.63	45.29		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	42.10	42.33	41.18		
PESO DEL AGUA (g)	4.93	4.30	4.11		
PESO DEL DEPOSITO (g)	23.77	25.50	24.58		
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.33	16.83	16.60		
CONTENIDO DE AGUA (w%)	26.90	25.55	24.76		

LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000

N° DEL DEPOSITO	1	2			
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	31.83	29.83			
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	30.45	28.80			
PESO DEL AGUA (g)	1.38	1.03			
PESO DEL DEPOSITO (g)	23.93	23.81			
PESO DEL SUELO SECO (g)	6.52	4.99			
CONTENIDO DE AGUA (W%)	1.38	1.03			
% DE HUMEDAD	21.17	20.64			



L.L. = 25.6 %

L.P. = 20.9 %

I.P. = 4.7 %

OBSERVACIONES:



Alex Palomino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: ijr Ingenieros Laboratorios@gmail.com

• Tratamiento 3 (con 2% de ceniza de residuo de tarwi)

Análisis granulométrico por tamizado:




INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
 Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

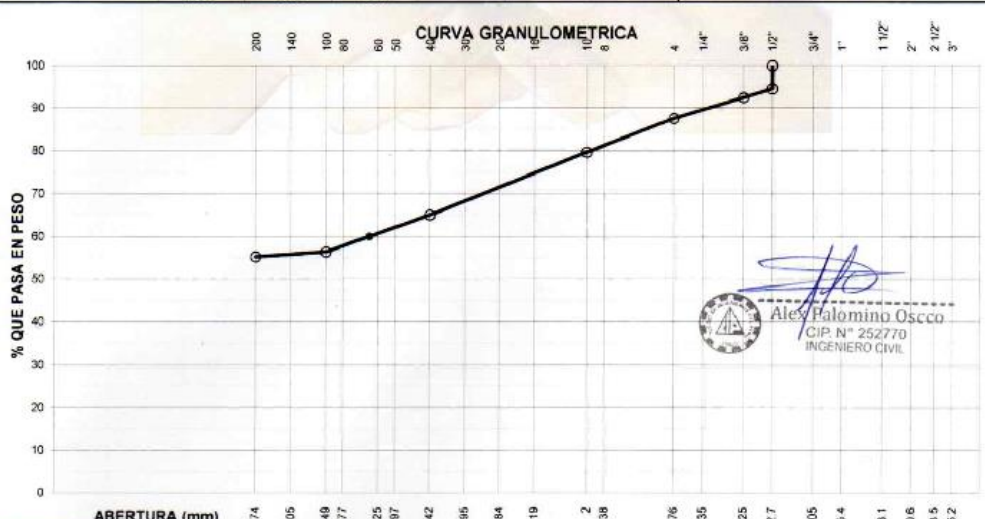
TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE
 CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL : CON 2 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI
 UBICACIÓN : _____
 COORDENADAS : _____
 FECHA RECEPCION : 2022-10-24
 FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

ING. RESPONSABLE : A.P.O.
 ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 SOLICITA : BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
MTC E 107-2000								
TAMICES		MATERIAL RETENIDO			MATERIAL QUE PASA	ESPECIFICACIONES		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	(%)	MIN. (%)	MAX. (%)	
3"	76.20							PESO INICIAL : 530 g
2 1/2"	63.50							PORCION FINOS
2"	50.80							% DE HUMEDAD : 7.7
1 1/2"	38.10							TAMAÑO MÁXIMO
1"	25.40							% DE GRAVA : 12.5
3/4"	19.05							% DE ARENA : 87.5
1/2"	12.70	29.0	5.5	5.5	94.5			% PASANTE Nº 200 : 55.3
3/8"	9.53	11.0	2.1	7.5	92.5			L.L. : 25.6 %
1/4"	6.35							L.P. : 21.1 %
Nº 4	4.75	26.0	4.9	12.5	87.5			I.P. : 4.5 %
Nº 8	2.36							M.F. :
Nº 10	2.00	42.0	7.9	20.4	79.6			CLASIFIC. SUCS : CL-ML
Nº 15	1.19							CLASIF. AASHTO : A-4 (5)
Nº 20	0.85							D ₁₀ : C _u
Nº 30	0.60							D ₃₀ : C _c
Nº 40	0.42	77.0	14.5	34.9	65.1			D ₄₀ :
Nº 50	0.30							OBSERVACIONES:
Nº 60	0.25							
Nº 80	0.18							
Nº 100	0.15	46.0	8.7	43.6	56.4			
Nº 140	0.11							
Nº 200	0.074	6.0	1.1	44.7	55.3			
BANDEJA		293.0	55.3	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



ABERTURA (mm)

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
 Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Límites de Atterberg:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL CON 2 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

UBICACIÓN : _____

COORDENADAS : _____

FECHA RECEPCION : 2022-10-24

FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

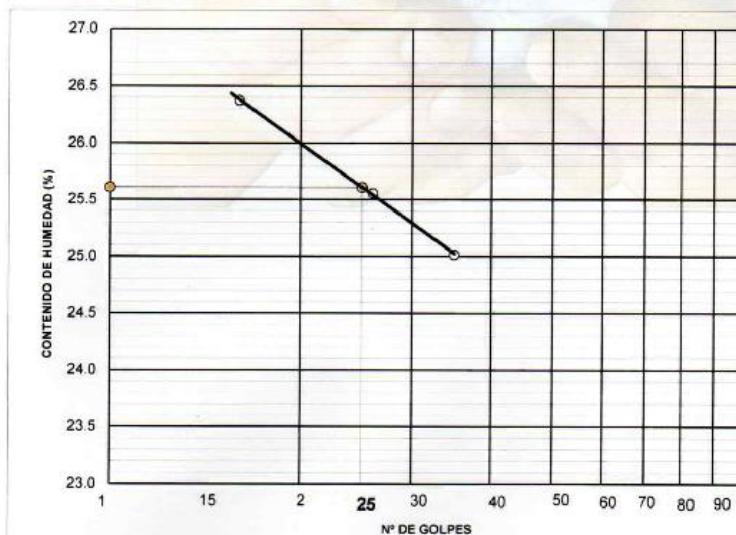
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL

SOLICITA : BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000					
NUMERO DE GOLPES, N		16	26	35	
N° DEL DEPOSITO		1	2	3	
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)		50.54	47.17	47.43	
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)		45.50	42.36	43.34	
PESO DEL AGUA (g)		5.04	4.81	4.09	
PESO DEL DEPOSITO (g)		26.39	23.54	26.99	
PESO DEL SUELO SECO (g)		19.11	18.82	16.35	
CONTENIDO DE AGUA (w%)		26.37	25.56	25.02	

LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000					
N° DEL DEPOSITO		1	2		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)		16.81	29.72		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)		15.82	28.61		
PESO DEL AGUA (g)		0.99	1.11		
PESO DEL DEPOSITO (g)		11.11	23.35		
PESO DEL SUELO SECO (g)		4.71	5.26		
CONTENIDO DE AGUA (W%)		0.99	1.11		
% DE HUMEDAD		21.02	21.10		



L.L. = 25.6 %

L.P. = 21.1 %

I.P. = 4.5 %

OBSERVACIONES:



Alex Palomino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

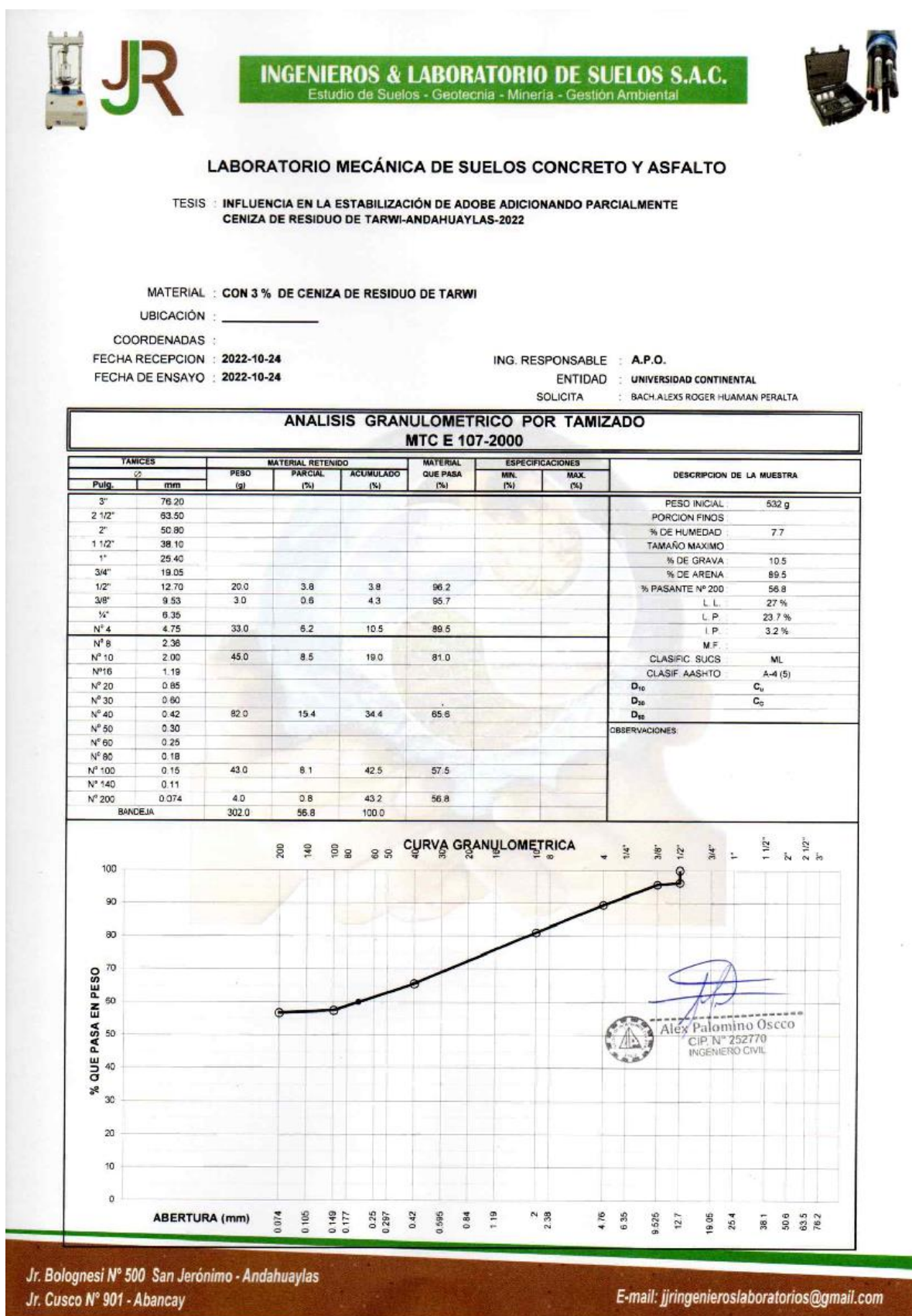
Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas

Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: ijr Ingenieros Laboratorios@gmail.com

• Tratamiento 4 (con 3% de ceniza de residuo de tarwi)

Análisis granulométrico por tamizado:



Límites de Atterberg:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.

Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

TESIS : INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

MATERIAL CON 3 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

UBICACIÓN : _____

COORDENADAS : _____

FECHA RECEPCION : 2022-10-24

FECHA DE ENSAYO : 2022-10-24

ING. RESPONSABLE : A.P.O.

ENTIDAD : UNIVERSIDAD CONTINENTAL

SOLICITA : BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

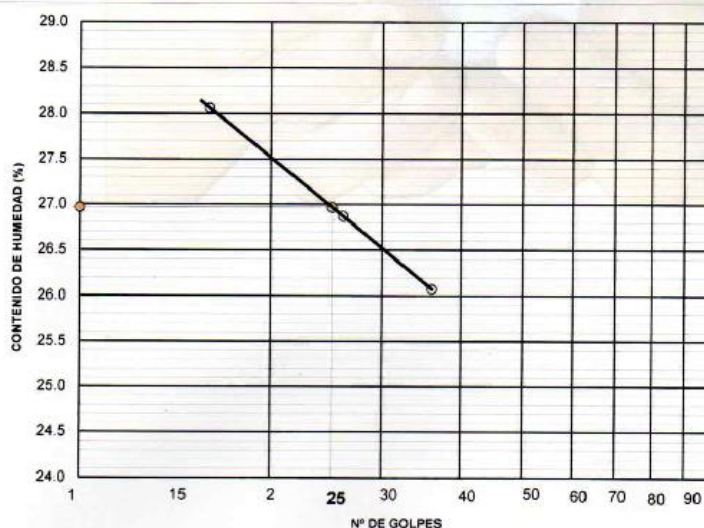
LIMITES DE CONSISTENCIA PASANTE MALLA N° 40

LIMITE LIQUIDO (LL) MTC E 110-2000

NUMERO DE GOLPES, N	16	26	36		
N° DEL DEPOSITO	1	2	3		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	49.15	48.51	46.64		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	44.25	43.81	42.52		
PESO DEL AGUA (g)	4.90	4.70	4.12		
PESO DEL DEPOSITO (g)	26.79	26.32	26.72		
PESO DEL SUELO SECO (g)	17.46	17.49	15.80		
CONTENIDO DE AGUA (w%)	28.06	26.87	26.08		

LIMITE PLASTICO (LP) MTC E 111-2000

N° DEL DEPOSITO	1	2		
PESO DEL SUELO HUMEDO + DEPOSITO (g)	29.76	29.93		
PESO DEL SUELO SECO + DEPOSITO (g)	28.00	28.48		
PESO DEL AGUA (g)	1.76	1.45		
PESO DEL DEPOSITO (g)	20.66	22.30		
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.34	6.18		
CONTENIDO DE AGUA (W%)	1.76	1.45		
% DE HUMEDAD	23.98	23.46		



L.L. = 27 %

L.P. = 23.7 %

I.P. = 3.2 %

OBSERVACIONES:



Alex Pálorino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas

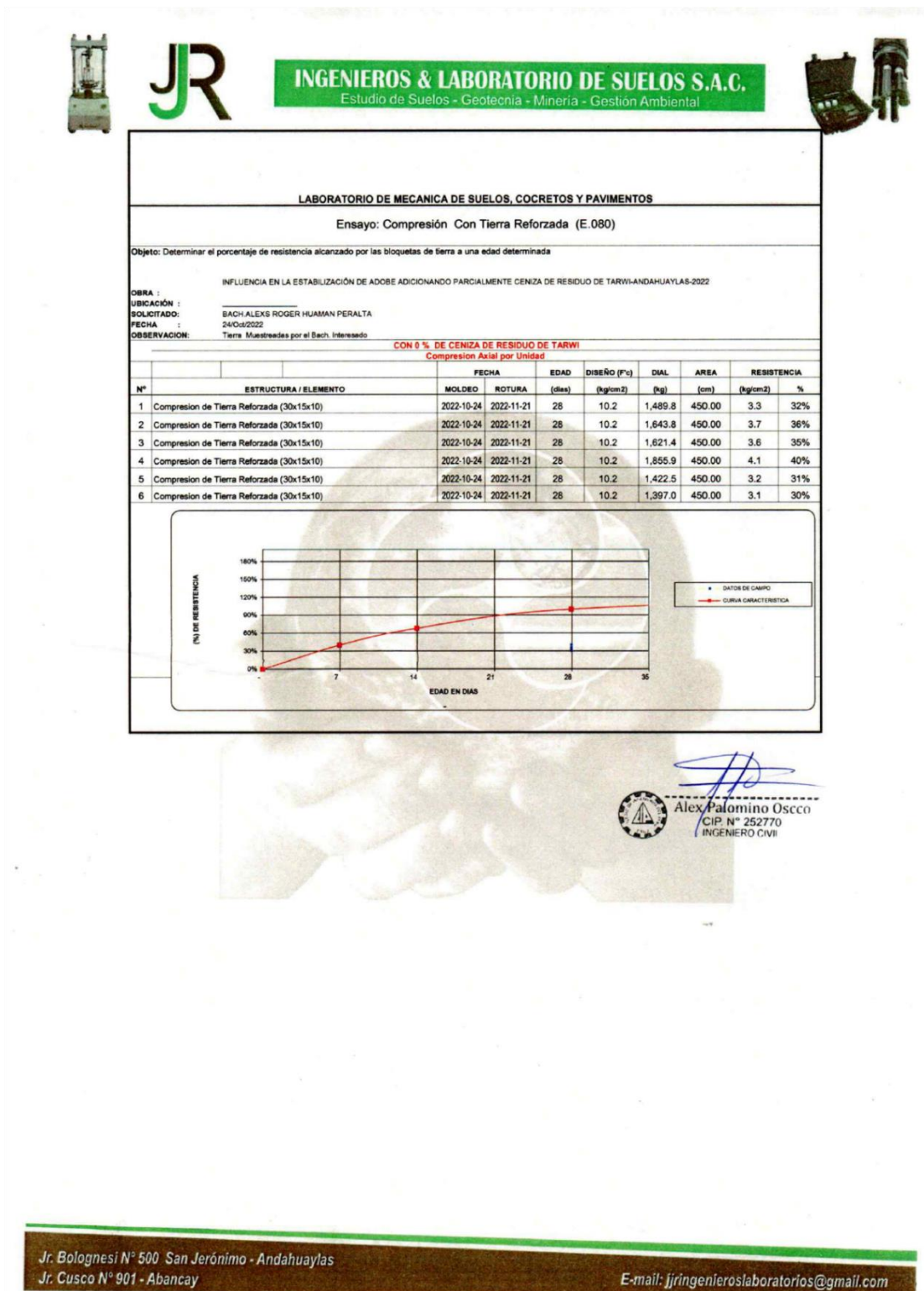
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL POR UNIDAD, COMPRESIÓN AXIAL POR PILA Y COMPRESIÓN DIAGONAL POR MURETE

- Tratamiento 1 (con 0% de ceniza de residuo de tarwi)

Compresión axial por unidad:



Compresión axial por pila:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

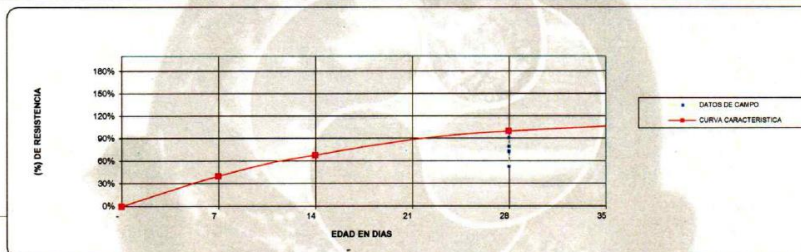
INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :
UBICACIÓN :
SOLICITADO :
FECHA :
OBSERVACION :

BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA
24/Oct/2022
Tierra Muestreadas por el Bach. Interesado

CON 6 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI Compresión Axial por Pila

Nº	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F'c) (kg/cm2)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm2)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,355.9	200.00	7.5	73%
2	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	4,165.6	200.00	9.3	91%
3	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,413.7	200.00	5.4	53%
4	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,637.3	200.00	8.1	79%
5	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,324.3	200.00	7.4	72%
6	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,303.9	200.00	7.3	72%



Alex Palomino Oscco
CIP: N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Compresión diagonal por murete:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :
UBICACIÓN :
SOLICITADO : BACH.ALEXIS ROGER HUAMAN PERALTA
FECHA : 24/Oct/2022
OBSERVACION: Tierra Muestradas por el Bach. Interesado

CON 8 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI
Compresión Diagonal por Murete

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F'c) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,355.9	636.39	5.3	52%
2	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	4,165.6	636.39	6.5	64%
3	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,413.7	636.39	3.8	37%
4	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,637.3	636.39	5.7	56%
5	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,314.1	636.39	5.2	51%
6	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	3,268.2	636.39	5.1	50%



Alex Palomino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

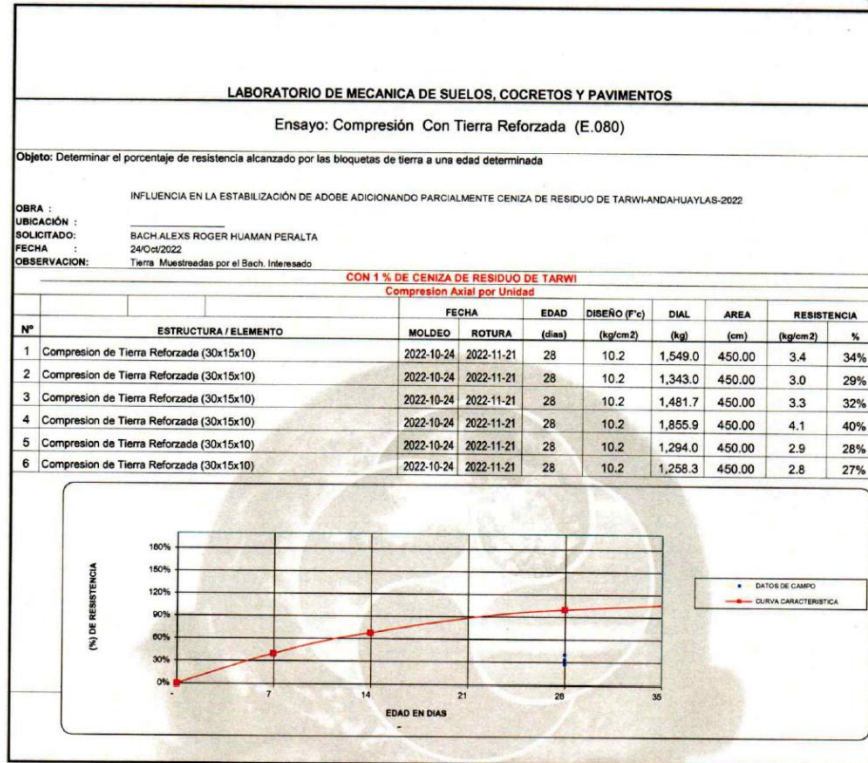
E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

- Tratamiento 2 (con 1% de ceniza de residuo de tarwi)

Compresión axial por unidad:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



Alex Palomino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Compresión axial por pila:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :
UBICACIÓN :
SOLICITADO :
FECHA :
OBSERVACIÓN :

BACH ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

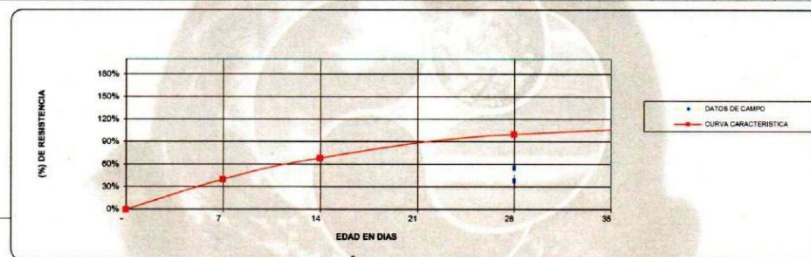
24/Oct/2022

Tierra Muestreada por el Bach. Interesado

CON 1 %DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

Compresión Axial por Pila

Nº	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F'c) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,602.3	200.00	5.8	57%
2	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,803.9	200.00	4.0	39%
3	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,441.2	200.00	5.4	53%
4	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,539.1	200.00	5.6	55%
5	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,770.2	200.00	3.9	39%
6	Compresión de Tierra Reforzada (20x10x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,682.5	200.00	3.7	37%



Alex Pajonino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Compresión diagonal por murete:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :

UBICACIÓN :

SOLICITADO :

FECHA :

OBSERVACION:

BACH: ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

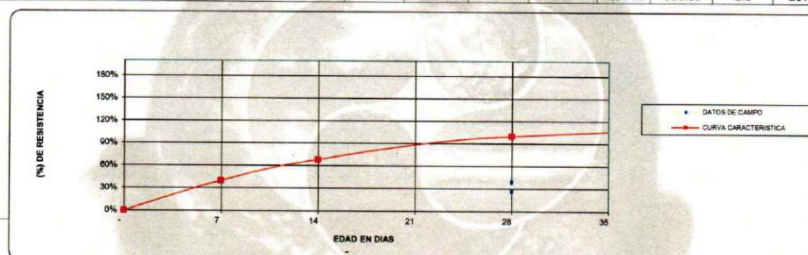
24/Oct/2022

Tierra Muestreada por el Bach. Interesado

CON 1 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

Compresión Diagonal por Murete

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	EDAD (días)	DISEÑO (F'c) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,602.3	636.39	4.1	40%
2	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,803.9	636.39	2.8	28%
3	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,441.2	636.39	3.8	38%
4	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,539.1	636.39	4.0	39%
5	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,736.6	636.39	2.7	27%
6	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x30)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,664.2	636.39	2.6	26%



Alex Palomino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

- Tratamiento 3 (con 2% de ceniza de residuo de tarwi)

Compresión axial por unidad:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :

UBICACIÓN :

SOLICITADO:

FECHA :

OBSERVACION:

BACH ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

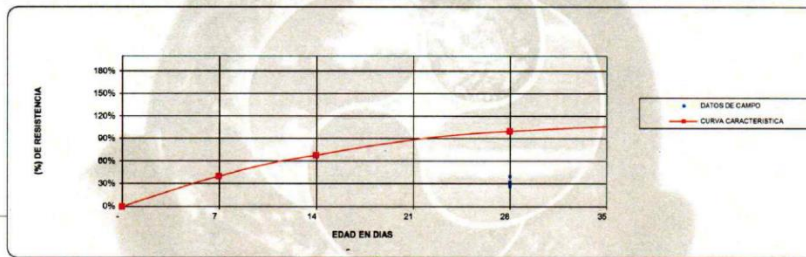
24/Oct/2022

Tierra Muestreada por el Bach. Interesado

CON 2 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

Compresión Axial por Unidad

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F'c) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,266.9	450.00	2.9	28%
2	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,469.8	450.00	3.3	32%
3	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,430.7	450.00	3.2	31%
4	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,834.5	450.00	4.1	40%
5	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,260.4	450.00	2.8	27%
6	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,203.3	450.00	2.7	26%



Alex Pajomino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Compresión axial por pila:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

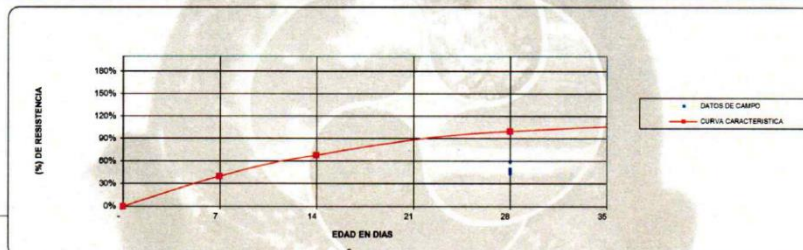
OBRA :
UBICACIÓN :
SOLICITADO :
FECHA :
OBSERVACION :

BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA
24/Oct/2022
Tierra Muestreadas por el Bach. Interesado

CON 2 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

Compresión Axial por Pila

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (dias)	DISEÑO (F's) (kg/cm2)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm2)	%
1	Compresion de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,076.1	200.00	4.6	45%
2	Compresion de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,725.7	200.00	6.1	59%
3	Compresion de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,232.2	200.00	5.0	49%
4	Compresion de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,298.4	200.00	5.1	50%
5	Compresion de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,039.4	200.00	4.5	44%
6	Compresion de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,988.5	200.00	4.4	43%



Alex Palomino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Compresión diagonal por murete:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

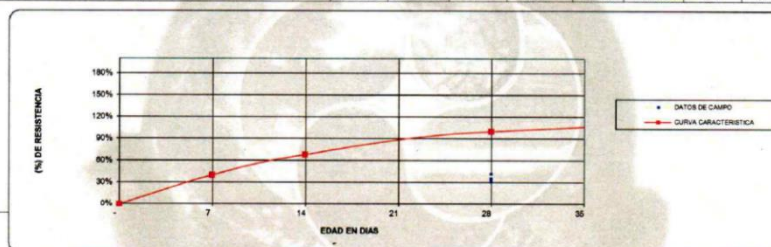
Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :
UBICACIÓN :
SOLICITADO: BACH ALEXIS ROGER HUAMAN PERALTA
FECHA : 24/Oct/2022
OBSERVACION: Tierra Muestradas por el Bach. Interesado

CON 2 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI
Compresión Diagonal por Murete

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F _c) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,076.1	636.39	3.3	32%
2	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,725.7	636.39	4.3	42%
3	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,232.2	636.39	3.5	34%
4	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,298.4	636.39	3.6	35%
5	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,019.0	636.39	3.2	31%
6	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	1,988.5	636.39	3.1	31%



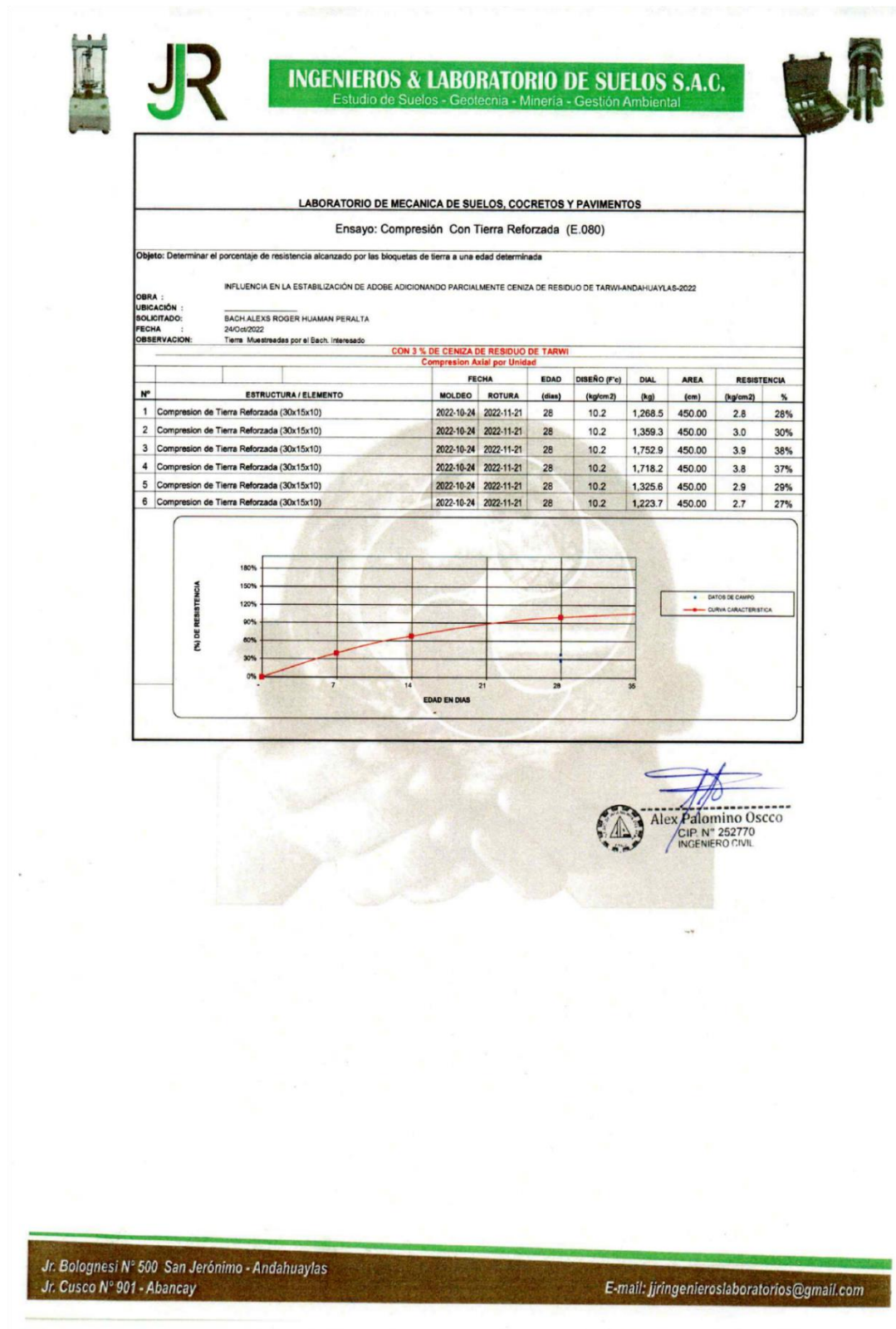
Alex Palomino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

- Tratamiento 4 (con 3% de ceniza de residuo de tarwi)

Compresión axial por unidad:



Compresión axial por pila:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

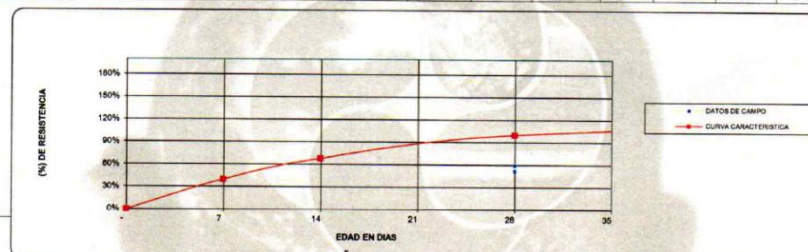
INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARIWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :
UBICACIÓN :
SOLICITADO :
FECHA :
OBSERVACION :

BACH.ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA
24/Oct/2022
Tierra Muestreada por el Bach. Interesado

CON 3 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARIWI Compresión Axial por Pila

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F'c) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,721.6	200.00	6.0	59%
2	Compresión de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,414.7	200.00	5.4	53%
3	Compresión de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,711.4	200.00	6.0	59%
4	Compresión de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,688.0	200.00	6.0	59%
5	Compresión de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,386.1	200.00	5.3	52%
6	Compresión de Tierra Reforzada (30x20x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,352.5	200.00	5.2	51%



Alex Palomino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: ijingenieroslaboratorios@gmail.com

Compresión diagonal por murete:



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, COCRETOS Y PAVIMENTOS

Ensayo: Compresión Con Tierra Reforzada (E.080)

Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia alcanzado por las bloquetas de tierra a una edad determinada

INFLUENCIA EN LA ESTABILIZACIÓN DE ADOBE ADICIONANDO PARCIALMENTE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI-ANDAHUAYLAS-2022

OBRA :

UBICACIÓN :

SOLICITADO :

FECHA :

OBSERVACION :

BACH ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA

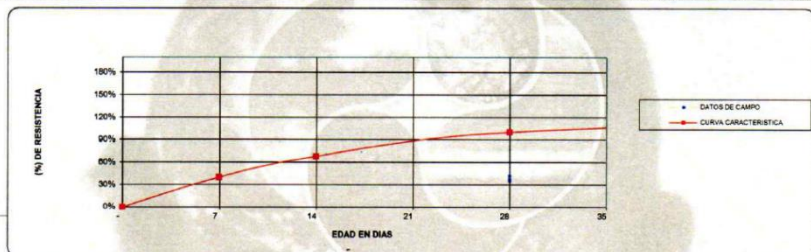
24/Oct/2022

Tierra Muestreadas por el Bach. Interesado

CON 3 % DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI

Compresión Diagonal por Murete

N°	ESTRUCTURA / ELEMENTO	FECHA		EDAD (días)	DISEÑO (F's) (kg/cm ²)	DIAL (kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		MOLDEO	ROTURA					(kg/cm ²)	%
1	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,721.6	636.39	4.3	42%
2	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,414.7	636.39	3.8	37%
3	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,711.4	636.39	4.3	42%
4	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,688.0	636.39	4.2	41%
5	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,350.5	636.39	3.7	36%
6	Compresión de Tierra Reforzada (30x15x10)	2022-10-24	2022-11-21	28	10.2	2,304.6	636.39	3.6	36%



Alex Palomino Oscco
CIP N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jjingenieroslaboratorios@gmail.com

Anexo 4. Certificados de validación del instrumento

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: FARFAN QUISPITUPA Guido
 N° de registro CIP: 78816
 Especialidad: ING. CIVIL

Instrumento de evaluación: Compresión axial por unidad, compresión axial por pila y compresión diagonal por murete.

ASPECTOS DE VALIDACION

(1) MUY DEFICIENTE (2) DEFICIENTE (3) ACEPTABLE (4) BUENA (5) EXCELENTE

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están definidos con lenguaje apropiado y libre de ambigüedad acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recolectar los resultados sobre la Variable Dependiente (Estabilización del adobe) en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento muestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Ceniza de residuo de tarwi (VI) y estabilización de adobe (VD).					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan el orden entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, indicadores y dimensiones.					X
INTENCIONALIDAD	Las añadiduras del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoge a través de las añadiduras del instrumento, describe, analiza y explica la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Las añadiduras del instrumento conllevan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables (Ceniza de residuo de tarwi (VI) y estabilización de adobe (VD)).					X
METODOLOGÍA	La relación entre técnica y el instrumento propuesto garantizan el propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovador.					X
PERTINENCIA	La relación de las añadiduras conlleva relación con la escala valorativa del instrumento.					X
TOTAL						50

OJO: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 45. Y, por el contrario un puntaje menor a lo indicado considera al instrumento no válido ni aplicable.

OBSERVACIONES:

OBTENCIÓN DE CALIFICACIÓN 50

Andahuaylas, 14 de Noviembre de 2022

SELLO Y FIRMA:


Ing. Guido Farfán Quispitupa
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 78816

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: Miranda Palomino Edwin
 N° de registro CIP: 77317
 Especialidad: Ing. Civil

Instrumento de evaluación: Compresión axial por unidad, compresión axial por pila y compresión diagonal por murete.

ASPECTOS DE VALIDACION

(1) MUY DEFICIENTE (2) DEFICIENTE (3) ACEPTABLE (4) BUENA (5) EXCELENTE

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están definidos con lenguaje apropiado y libre de ambigüedad acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recolectar los resultados sobre la Variable Dependiente (Estabilización del adobe) en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento muestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Ceniza de residuo de tarwi (VI) y estabilización de adobe (VD).					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan el orden entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, indicadores y dimensiones.					X
INTENCIONALIDAD	Las añadiduras del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoje a través de las añadiduras del instrumento, describe, analiza y explica la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Las añadiduras del instrumento conllevan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables (Ceniza de residuo de tarwi (VI) y estabilización de adobe (VD)).					X
METODOLOGÍA	La relación entre técnica y el instrumento propuesto garantizan el propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovador.					X
PERTINENCIA	La relación de las añadiduras conlleva relación con la escala valorativa del instrumento.					X
TOTAL						50

OJO: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 45. Y, por el contrario un puntaje menor a lo indicado considera al instrumento no válido ni aplicable.

OBSERVACIONES:

OBTENCION DE CALIFICACIÓN **50**

Andahuaylas, 14 de Noviembre de 2022

SELLO Y FIRMA:

 Edwin Miranda Palomino
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 77317

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: Quispe Carrion David Sandro
 N° de registro CIP: 86471
 Especialidad: Inge. Civil

Instrumento de evaluación: Compresión axial por unidad, compresión axial por pila y compresión diagonal por murete.

ASPECTOS DE VALIDACION

(1) MUY DEFICIENTE (2) DEFICIENTE (3) ACEPTABLE (4) BUENA (5) EXCELENTE

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están definidos con lenguaje apropiado y libre de ambigüedad acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recolectar los resultados sobre la Variable Dependiente (Estabilización del adobe) en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento muestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Ceniza de residuo de tarwi (VI) y estabilización de adobe (VD).					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan el orden entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, indicadores y dimensiones.					X
INTENCIONALIDAD	Las añadiduras del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoje a través de las añadiduras del instrumento, describe, analiza y explica la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Las añadiduras del instrumento conllevan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables (Ceniza de residuo de tarwi (VI) y estabilización de adobe (VD)).					X
METODOLOGÍA	La relación entre técnica y el instrumento propuesto garantizan el propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovador.					X
PERTINENCIA	La relación de las añadiduras conlleva relación con la escala valorativa del instrumento.					X
TOTAL						50

OJO: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 45. Y, por el contrario un puntaje menor a lo indicado considera al instrumento no valido ni aplicable.

OBSERVACIONES:

OBTENCION DE CALIFICACIÓN **50**

Andahuaylas, ¹⁴ de Noviembre de 2022

SELLO Y FIRMA:

David S. Quispe Carrion
 INGENIERO CIVIL CIP N° 86471

Anexo 5. Costos de producción

Costo de producción de adobe: 15 x 30 x 10 cm

TRATAMIENTO 1 (PATRÓN) (0%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				15.91
Tierra	kg	177.6	0.05	8.88
Paja "ichu"	kg	7.50	0.80	6.00
Agua	lt	20.50	0.05	1.03
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				30.00
Peón	jornal	0.50	60.00	30.00
COSTO DIRECTO				60.28
COSTO INDIRECTO (7%)				4.22
TOTAL				64.50
Costo/adobe				1.54

TRATAMIENTO 2 (1%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				20.36
Tierra	kg	177.6	0.05	8.88
Ceniza	kg	1.78	2.50	4.45
Paja "ichu"	kg	7.50	0.80	6.00
Agua	lt	20.50	0.05	1.03
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				30.00
Peón	jornal	0.50	60.00	30.00
COSTO DIRECTO				64.73
COSTO INDIRECTO (7%)				4.53
TOTAL				69.26
Costo/adobe				1.65

TRATAMIENTO 3 (2%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				24.78
Tierra	kg	177.6	0.05	8.88
Ceniza	kg	3.55	2.50	8.88
Paja "ichu"	kg	7.50	0.80	6.00
Agua	lt	20.50	0.05	1.03
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				30.00
Peón	jornal	0.50	60.00	30.00
COSTO DIRECTO				69.16
COSTO INDIRECTO (7%)				4.84
TOTAL				74.00
Costo/adobe				1.76

TRATAMIENTO 4 (3%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				29.23
Tierra	kg	177.6	0.05	8.88
Ceniza	kg	5.33	2.50	13.33
Paja "ichu"	kg	7.50	0.80	6.00
Agua	lt	20.50	0.05	1.03
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				30.00
Peón	jornal	0.50	60.00	30.00
COSTO DIRECTO				73.61
COSTO INDIRECTO (7%)				5.15
TOTAL				78.76
Costo/adobe				1.88

Costo de producción de adobe: 10 x 20 x 10 cm

TRATAMIENTO 1 (PATRÓN) (0%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				5.31
Tierra	kg	59.22	0.05	2.96
Paja "ichu"	kg	2.50	0.80	2.00
Agua	lt	7.00	0.05	0.35
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				24.00
Peón	jornal	0.40	60.00	24.00
COSTO DIRECTO				43.69
COSTO INDIRECTO (7%)				3.06
TOTAL				46.74
Costo/adobe				1.11

TRATAMIENTO 2 (1%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				6.79
Tierra	kg	59.22	0.05	2.96
Ceniza	kg	0.59	2.50	1.48
Paja "ichu"	kg	2.50	0.80	2.00
Agua	lt	7.00	0.05	0.35
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				24.00
Peón	jornal	0.40	60.00	24.00
COSTO DIRECTO				45.16
COSTO INDIRECTO (7%)				3.16
TOTAL				48.32
Costo/adobe				1.15

TRATAMIENTO 3 (2%): COSTO DE ELABORACIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				8.26
Tierra	kg	59.22	0.05	2.96
Ceniza	kg	1.18	2.50	2.95
Paja "ichu"	kg	2.50	0.80	2.00
Agua	lt	7.00	0.05	0.35
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				24.00
Peón	jornal	0.40	60.00	24.00
COSTO DIRECTO				46.64
COSTO INDIRECTO (7%)				3.26
TOTAL				49.90
Costo/adobe				1.19

TRATAMIENTO 4 (3%): COSTO DE PRODUCCIÓN DEL ADOBE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				9.76
Tierra	kg	59.22	0.05	2.96
Ceniza	kg	1.78	2.50	4.45
Paja "ichu"	kg	2.50	0.80	2.00
Agua	lt	7.00	0.05	0.35
EQUIPOS				7.88
Carretilla	h/e	0.70	2.50	1.75
Adobera	h/e	0.60	1.88	1.13
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
HERRAMIENTAS				6.50
Pico	h/h	0.40	1.25	0.50
Pala	h/h	0.40	1.25	0.50
Lampa	h/h	0.40	1.25	0.50
Otros	glb	1.00	5.00	5.00
MANO DE OBRA				24.00
Peón	jornal	0.40	60.00	24.00
COSTO DIRECTO				48.14
COSTO INDIRECTO (7%)				3.37
TOTAL				51.51
Costo/adobe				1.23

Costo de producción de ceniza de residuo de tarwi

COSTO DE PRODUCCIÓN DE CENIZA DE RESIDUO DE TARWI				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)
MATERIALES				3.60
Residuo de tarwi	Carga	18.00	0.20	3.60
HERRAMIENTAS				1.90
Varios	glb	1.00	1.90	1.90
MANO DE OBRA				50.00
Peón	jornal	1.00	50.00	50.00
FLETE				10.00
Flete	glb	1.00	10.00	10.00
COSTO DIRECTO				65.50
COSTO INDIRECTO (7%)				4.59
TOTAL				70.09
Costo/ceniza/ kg				2.50

Anexo 6. Fotografías

TESISTA:

ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:

“Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022”



Foto N.º 01. Cosecha o saque de residuo de tarwi en chacra

TESISTA:

ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:

“Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022”



Foto Nº 02. Acumulo de residuo de tarwi para carguío

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 03. Carguío de residuo de tarwi al punto de quemado

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 04. Quema de residuo de tarwi para la obtención de ceniza

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 05. Ceniza de residuo de tarwi fresca con alta temperatura

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 06. Remoción de ceniza residuo de tarwi para acelerar el proceso de enfriamiento

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 07. Pesado de ceniza de residuo de tarwi para los distintos tratamientos. Foto: Pesado para el Tratamiento N.º 2

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 08. Corte o picado de paja ichu, L=0.20m (aproximado)

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 09. Pesado de paja ichu para los distintos tratamientos

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 10. Mezclado de barro, paja ichu y ceniza de residuo de tarwi para la elaboración de adobes

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 11. Aplanamiento (regleado) de superficie para colocado (puesta) de adobes

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 12. Proceso de elaboración de adobes. En la foto: Elaboración de adobes del Tratamiento N. ° 3 (Adición de 2% de ceniza de residuo de tarwi)

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"

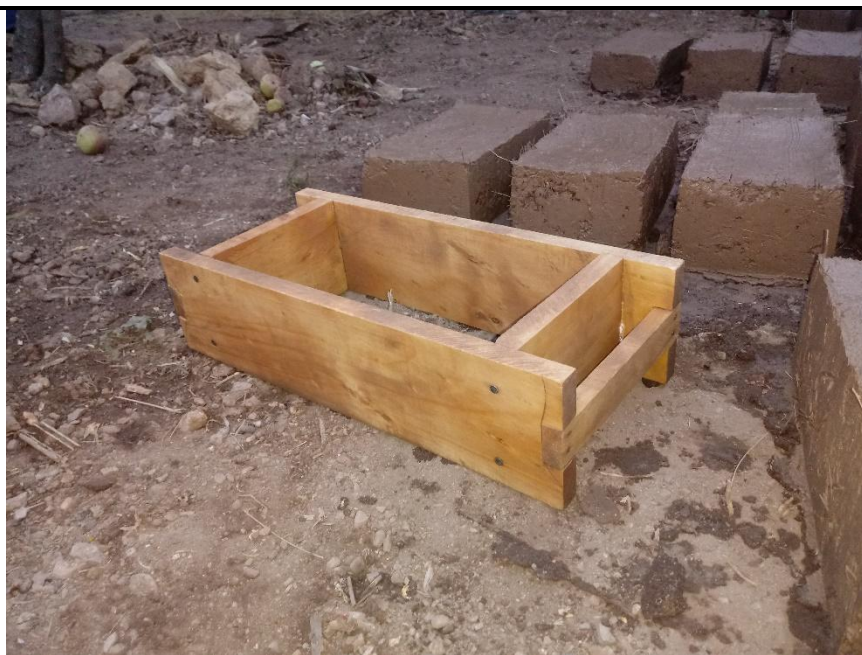


Foto N° 13. Adobera (molde) con dimensiones 0.15x0.30x0.10m para la elaboración de adobes

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 14. Adobes de los Tratamientos N. ° 1, 2, 3 y 4 con 14 días de edad en proceso de secamiento

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
“Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022”



Foto N° 15. Adobes de los Tratamientos N.º 1, 2, 3 y 4 con 21 días de edad en proceso de secamiento

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
“Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022”



Foto N° 16. Modelo de etiqueta utilizado para identificar los diferentes tratamientos

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 17. Ensayo de compresión axial por unidad. Toma: Espécimen del Tratamiento N.º 1

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 18. Ensayo de compresión axial por unidad. Toma: Espécimen del Tratamiento N.º 2

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 19. Ensayo de compresión axial por unidad. Toma: Espécimen del Tratamiento N. ° 3

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 20. Ensayo de compresión axial por unidad. Toma: Espécimen del Tratamiento N. ° 4

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 21. Ensayo de compresión axial por pila. Toma: Pila del Tratamiento N. ° 1

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 22. Ensayo de compresión axial por pila. Toma: Pila del Tratamiento N. ° 2

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 23. Ensayo de compresión axial por pila. Toma: Pila del Tratamiento N.º 3

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 24. Ensayo de compresión axial por pila. Toma: Pila del Tratamiento N.º 4

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 25. Ensayo de compresión diagonal en murete. Toma: Murete del Tratamiento N. ° 1

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 26. Ensayo de compresión diagonal en murete. Toma: Murete del Tratamiento N. ° 2

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"

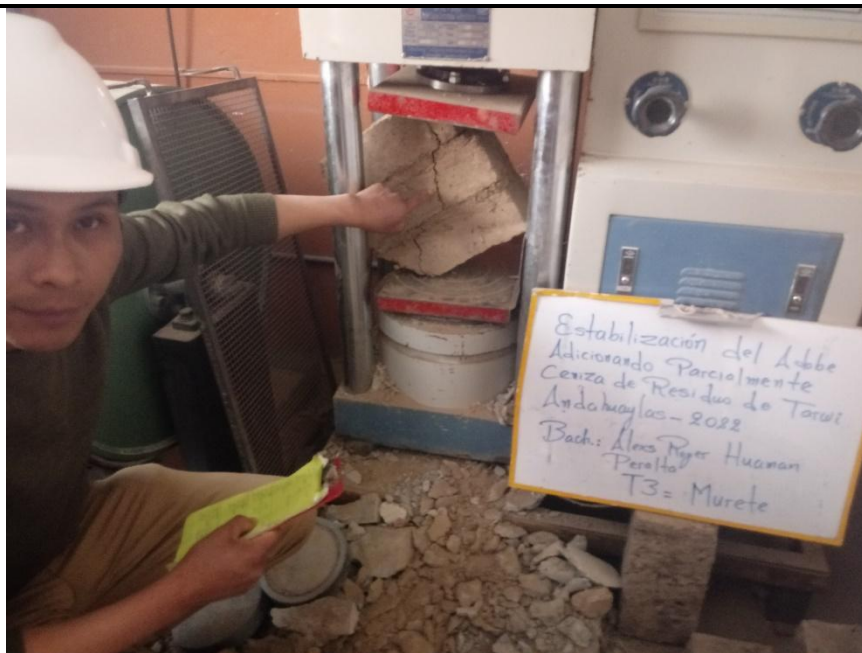


Foto N° 27. Ensayo de compresión diagonal en murete. Toma: Murete del Tratamiento N. ° 3

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 28. Ensayo de compresión diagonal en murete. Toma: Murete del Tratamiento N. ° 4

TESISTA:
ALEXS ROGER
HUAMAN PERALTA

TESIS:
"Influencia en la
Estabilización de
Adobe Adicionando
Parcialmente Ceniza
de Residuo de Tarwi
- Andahuaylas -
2022"



Foto N° 29. Instrumentos de recolección de datos (laboratorio)

Anexo 7. Constancia de uso de laboratorio



INGENIEROS & LABORATORIO DE SUELOS S.A.C.
Estudio de Suelos - Geotecnia - Minería - Gestión Ambiental

CONSTANCIA

A quien corresponda:

Por medio del presente, se hace constar que, el Bachiller en Ingeniería Civil **ALEXS ROGER HUAMAN PERALTA**, con código universitario N° 2014233797, realizó ensayos en el laboratorio **JJR Ingenieros & Laboratorio de Suelos S.A.C.** para completar su trabajo de tesis denominado: **"Influencia en la Estabilización de Adobe Adicionando Parcialmente Ceniza de Residuos de Tarma - Andahuaylas - 2022"**; con la finalidad de obtener el título de Ingeniero Civil. Los trabajos se realizaron dentro del periodo 24 de octubre de 2022 a 21 de noviembre de 2022.

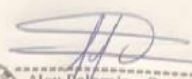
Los ensayos efectuados por el tesista fueron los siguientes:

- 04 Ensayos de Análisis Granulométrico.
- 04 Ensayos de Límites de Atterberg.
- 16 Ensayos de Resistencia a la Compresión Axial por Unidad.
- 16 Ensayos de Resistencia a la Compresión Axial por Pila.
- 16 Ensayos de Resistencia a la Compresión Diagonal por Murete.

Se extiende la presente para los fines que el interesado estime pertinente.

San Jerónimo, 22 de noviembre de 2022




Alex Valmino Oscco
CIP. N° 252770
INGENIERO CIVIL

Jr. Bolognesi N° 500 San Jerónimo - Andahuaylas
Jr. Cusco N° 901 - Abancay

E-mail: jringenieroslaboratorios@gmail.com

Anexo 8. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

No.

00006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0570 - 2023 PLF

OBJETO DE PRUEBA:

MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

2000,0 kN

Pág. 1 de 3

Rangos
Measurement range
FABRICANTE

ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT Co. Ltd

Modelo

STYE - 2002

Serie

101124

Ubicación de la máquina

JJR INGENIEROS & LABORATORIOS S.A.C.

Norma de referencia

NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 26)

Intervalo calibrado

Del 10% al 100% del Rango

Solicitante

JJR INGENIEROS & LABORATORIOS S.A.C.

Customer

Jr. BOLOGNESI N° 500 SAN JERÓNIMO - ANDAHUAYLAS

Address

APURÍMAC

City

PATRON(ES) UTILIZADO(S)

TS-C-ST / PG-500

Tipo / Modelo

2000 kN

Rangos

NO PRESENTA

Fabricante

J8105332

No. serie

N° 4248

Certificado de calibración

2014 - 04 - 01

Fecha de validez

0.620 %

Uncertidumbre de medida

Comparación Directa

Método de calibración

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Unidades de medida

Units of measurement

FECHA DE CALIBRACIÓN

2022 - 02 - 20

Date of calibration

FECHA DE EXPEDICIÓN

2022 - 02 - 20

Date of issue

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

3

Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Tec. Gilmer Antonio Lozano Paquima.
Responsable del Laboratorio de Metrología.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5621263 - 4641606 | Lima, Perú | peru.laboratorio@pinzuar.com.co
peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co



PINZUAR LTDA
LABORATORIO DE METROLOGÍA

No.

00006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 057-2023 PLF

Pág. 2 de 3

Método de Calibración:

FUERZA INDICADA CONSTANTE

Tipo de Instrumento:

PRENSA DE CONCRETO

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN

Resolución: 0.0 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
		kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	200.0	199.7	199.6	No Aplica	199.6	No Aplica
20	400.0	399.7	399.6		399.6	
30	600.0	599.6	599.7		599.6	
40	800.0	799.6	799.7		799.7	
50	1000.0	999.7	999.6		999.6	
60	1200.0	1199.6	1199.5		1199.6	
70	1400.0	1399.6	1399.5		1399.6	
80	1600.0	1599.7	1599.6		1599.6	
90	1800.0	1799.7	1799.7		1799.6	
100	2000.0	1999.5	1999.8		1999.6	
Indicación después de Carga:		0.0	0.0		0.0	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	200.0	0.18	0.05	No Aplica	No Aplica	0.010	#VALOR!
20	400.0	0.09	0.03			0.005	#VALOR!
30	600.0	0.06	0.02			0.003	#VALOR!
40	800.0	0.04	0.01			0.003	#VALOR!
50	1000.0	0.04	0.01			0.002	#VALOR!
60	1200.0	0.04	0.01			0.002	#VALOR!
70	1400.0	0.03	0.01			0.001	#VALOR!
80	1600.0	0.03	0.01			0.001	#VALOR!
90	1800.0	0.02	0.01			0.001	#VALOR!
100	2000.0	0.02	0.02			0.001	#VALOR!
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	No Aplica		

Técnico de Calibración: Gilmer A. Huamán P.

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6.4.2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C, con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao | Teléfono: 51(1) 5821263 - 4641606 | Lima, Perú | peru.laboratorio@pinzuar.com.co
peru.comercial@pinzuar.com.co | www.pinzuar.com.co

No.
00006

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 057-2023 PLF
Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución s(%) en el 20%
0,09	0,03	No Aplica	No Aplica	0,00	0,005

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 0.5 Desde el 20%**

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición esta dada en la tabla de resultados de la página No. 2. La incertidumbre de medición fue calculada utilizando un factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza aproximado del 95,45% para una distribución "t-student" y fue estimada con 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 Laboratorio de Metrología de Pinzuar Ltda. asegura el mantenimiento de la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido trazados al Sistema Internacional de Unidades. S.I.

OBSERVACIONES.

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez.
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 057-2023 PLF

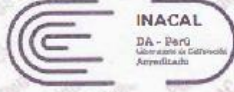
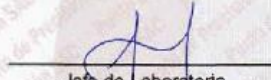
FIRMAS AUTORIZADAS


Tec. Gilmer Antonio Maldonado Poquelama.
Responsable del Laboratorio de Metrología.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Calle Ricardo Palma # 998 Urbanización San Joaquín / Bellavista - Calleo | Teléfono: 51(1) 5621263 - 4641806 | Lima, Perú | peru.laboratorio@pinzuar.com.pe
peru.comercial@pinzuar.com.pe | www.pinzuar.com.pe

BALANZA ELECTRÓNICA

 Punto de Precisión SAC	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-418-2022		
Página: 1 de 3		
Expediente : 131-2022 Fecha de Emisión : 2022-10-19	1. Solicitante : MATESTLAB S.A.C. Dirección : MZA. A LOTE. 24 INT. 2 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
2. Instrumento de Medición : BALANZA Marca : CASIO Modelo : ACS-30 Número de Serie : 8031307548 Alcance de Indicación : 30 000 g División de Escala de Verificación (e) : 1 g División de Escala Real (d) : 1 g Procedencia : CHINA Identificación : LS-10 Tipo : ELECTRÓNICA Ubicación : LABORATORIO Fecha de Calibración : 2022-10-15	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes. PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.	
3. Método de Calibración La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.		
4. Lugar de Calibración LABORATORIO de MATESTLAB S.A.C. MZA. A LOTE. 24 INT. 2 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA		
 LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C PT-06.F03 / Diciembre 2016 / Rev 02	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		



Punto de Precisión SAC

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-418-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Minima	Máxima
Temperatura	21,7	21,9
Humedad Relativa	61,1	61,1

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE20-C0772-2020
	Pesa (exactitud F1)	CCP-0340-007-2020
	Pesa (exactitud F1)	CCP-0340-006-2020
	Pesa (exactitud F2)	LM-114-2019
	Pesa (exactitud F2)	LM-115-2019
	Pesa (exactitud F2)	LM-116-2019

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 983 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
INVELACION	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

				Initial	Final		
				Temp. (°C)	21,7	21,8	
Medición	N°	Carga L1= 15 000 g			Carga L2= 30 000 g		
		I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
	1	15 000	0,7	-0,3	30 000	0,6	-0,2
	2	15 000	0,6	-0,2	30 000	0,5	-0,1
	3	15 000	0,6	-0,2	30 000	0,8	-0,4
	4	15 000	0,8	-0,4	30 000	0,8	-0,4
	5	15 001	0,3	1,1	30 000	0,6	-0,2
	6	15 000	0,9	-0,5	30 000	0,9	-0,5
	7	15 000	0,6	-0,2	30 000	0,6	-0,2
	8	15 000	0,5	-0,1	30 000	0,7	-0,3
	9	15 000	0,8	-0,4	30 000	0,8	-0,4
	10	15 000	0,7	-0,3	30 000	0,6	-0,2
Diferencia Máxima				1,6			0,4
Error máximo permitido ±				2 g			± 3 g



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-418-2022

Página 2 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Temperatura (°C)				Temperatura (°C)				
	Inicial				Final				
	21,8				21,8				
Carga mínima (g)	Determinación de E _o				Determinación del Error corregido				
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _o (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10	0,6	-0,1		10 000	10 000	0,6	-0,3	-0,2
2	10	0,6	-0,1		10 000	10 000	0,6	-0,1	0,0
3	10	0,9	-0,4		10 000	10 000	0,9	-0,4	0,0
4	10	0,5	0,0		10 000	10 000	0,9	-0,4	-0,4
5	10	0,8	-0,3		9 999	9 999	0,3	-0,6	-0,5

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

CARGA L									
Carga L (g)	Temper. (°C)				Temper. (°C)				± emp (g)
	21,8				21,9				
	CRECIENTES				DECRECIENTES				
I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)		
10,0	10	0,6	-0,1						
50,0	50	0,5	0,0	0,1	50	0,6	-0,1	0,0	1
500,0	500	0,6	-0,1	0,0	500	0,8	-0,3	-0,2	1
2 000,0	2 000	0,9	-0,4	-0,3	2 000	0,8	-0,1	0,0	1
5 000,0	5 000	0,6	-0,1	0,0	5 000	0,5	0,0	0,1	1
7 000,0	7 000	0,8	-0,3	-0,2	7 000	0,6	-0,1	0,0	2
10 000,0	10 000	0,6	-0,1	0,0	10 000	0,4	0,1	0,2	2
15 000,1	15 000	0,6	-0,2	-0,1	15 000	0,8	-0,4	-0,3	2
20 000,1	20 001	0,3	1,1	1,2	20 000	0,7	-0,3	-0,2	2
25 000,1	25 001	0,4	1,0	1,1	25 001	0,3	1,1	1,2	3
30 000,1	30 000	0,8	-0,4	-0,3	30 000	0,8	-0,4	-0,3	3

emp.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 2,66 \times 10^{-5} \times R$$

Incetidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{5,37 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 5,20 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F08 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.