

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE
ESTABILIZADO INCORPORANDO CENIZA DE
CARBÓN Y ASERRÍN DE MADERA, CAJAMARCA
2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Aracely Alexandra Calla Sanchez

Asesor:

Ing. Mario Rene Carranza Liza

<https://orcid.org/0000-0002-7372-0004>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	KATIA NATALY CARRIÓN RABANAL	46269439
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	TULIO GUILLEN SHEEN	26676774
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	HUGO RODRÍGUEZ CHICO	45955444
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

ARACELY ALEXANDRA CALLA SANCHEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

5%

★ core.ac.uk

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

A Dios por darme salud, fortaleza y guiarme a través de los años en esta gran etapa en la universidad, que sin Él nada hubiera sido posible.

Dedico la presente tesis a mis padres quienes, con mucho esfuerzo, amor y gracias a su apoyo incondicional, lograron que pueda estudiar y terminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por sus enseñanzas a luchar por cada una de nuestras metas, a mi asesor por su guía profesional en el proceso de la investigación, a los profesores de la universidad y a todas las personas que estuvieron conmigo para lograr desarrollar mi tesis.

Tabla de contenido

Jurado evaluador	2
Informe de similitud	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis	18
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS	26
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS	34
ANEXOS	38

Índice de tablas

Tabla 1. Cantidad de muestras para ensayo a compresión	20
Tabla 2. Contenido de humedad.....	21
Tabla 3. Granulometría mediante tamizado por lavado.	21
Tabla 4. Límite Líquido.....	22
Tabla 5. Límite Plástico.....	22
Tabla 6. Índice de Plasticidad.....	23
Tabla 7. Proctor Modificado.....	23
Tabla 8. Estadística en la investigación.....	24
Tabla 9. Resultados de contenido de humedad	26
Tabla 10. Resultados de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado	26
Tabla 11. Resultados de límites de consistencia	26
Tabla 12. Resultados de Proctor Modificado	27
Tabla 13. Dosificación para realizar adobes.....	27
Tabla 14. Promedio de la resistencia a compresión del adobe a los 28 días	30
Tabla 15. Investigaciones para la elección de los porcentajes de aditivos	38
Tabla 16. Valores de resistencia a compresión de ceniza de carbón.....	39
Tabla 17. Valores de resistencia a compresión de aserrín de madera	40
Tabla 18. Porcentaje de ceniza según valor mínimo de resistencia a compresión	41
Tabla 19. Porcentaje de ceniza según valor máximo de resistencia a compresión	41
Tabla 20. Porcentaje promedio de ceniza según la resistencia a compresión	41
Tabla 21. Porcentaje de aserrín según valor mínimo de resistencia a compresión	42
Tabla 22. Porcentaje de aserrín según valor máximo de resistencia a compresión.....	42
Tabla 23. Porcentaje promedio de aserrín de madera - resistencia a compresión.....	42
Tabla 24. Elección del porcentaje para hipótesis según antecedentes.....	43
Tabla 25. Investigaciones seleccionadas para elección de cantera.....	44

Tabla 26. Datos de ensayos de mecánica de suelos de investigaciones seleccionadas	45
Tabla 27. Clasificación de material según % que pasa	45
Tabla 28. Clasificación según gradación de arena (% que pasa por la malla N°4)	46
Tabla 29. Clasificación según gradación de arcilla y limo.....	46
Tabla 30. Elección de cantera para tesis según clasificación media	46
Tabla 31. Elección de cantera.....	46
Tabla 32. Matriz de operacionalización de variables	47
Tabla 33. Resumen de resistencia a compresión de adobe convencional	49
Tabla 34. Resumen de resistencia a compresión de adobe + 3% de ceniza de carbón.....	50
Tabla 35. Resumen de resistencia a compresión de adobe + 5% de ceniza de carbón.....	51
Tabla 36. Resumen de resistencia a compresión de adobe + 2% de aserrín de madera	52
Tabla 37. Resumen de resistencia a compresión de adobe + 2% de aserrín de madera	53
Tabla 38. Análisis de costos unitarios del adobe convencional	54
Tabla 39. Análisis de costos unitarios del adobe convencional + 3% de ceniza de carbón	54

Índice de figuras

Figura 1. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe convencional	28
Figura 2. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 3% de ceniza de carbón ...	28
Figura 3. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 5% de ceniza de carbón ...	29
Figura 4. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 2% de aserrín de madera..	29
Figura 5. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 3% de aserrín de madera..	30
Figura 6 Resumen promedio de la resistencia a compresión del adobe a los 28 días	31
Figura 7 Clasificación de suelo	48
Figura 8. Realizando el ensayo de contenido de humedad.....	55
Figura 9. Realizando tamizado para el ensayo de granulometría por lavado	55
Figura 10. Realizando ensayo de Límites de Atterberg (índice de plasticidad)	56
Figura 11. Ceniza de carbón utilizada para elaborar adobes	56
Figura 12. Paja (ichu) y aserrín de madera para elaborar adobes.....	57
Figura 13. Realizando ensayo de Proctor Modificado	57
Figura 14. Elaboración de los 60 unidades de adobes.....	58
Figura 15. Verificación de la elaboración de adobes por el asesor Ing. Mario Carranza.....	58
Figura 16. Verificación de la elaboración de adobes estabilizados.....	59
Figura 17. Secado de adobes por 30 días	59
Figura 18. Traslado de adobes hacia la Universidad Privada del Norte.....	60
Figura 19. Realizando ensayos de compresión a los adobes	60
Figura 20. Ensayos de compresión a las 60 unidades de adobe	61
Figura 21. Asesoramiento del Ing. Mario Carranza en el ensayo de compresión	61

RESUMEN

La industria de la construcción mediante el uso de adobe es una de las alternativas de bajo impacto ambiental y a la vez económica que hay en el mundo. La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la resistencia a la compresión de adobes estabilizados incorporando ceniza de carbón y aserrín de madera en porcentajes determinados. Para ello, se estableció un estudio experimental con el fin de obtener las propiedades físicas del suelo y realizar la elaboración de 60 unidades de bloques de adobe en la máquina CINVA RAM con medidas de 15x15x10 cm, siendo clasificados en: adobes convencionales, adobe más (3% y 5%) de ceniza de carbón y adobe más (2% y 3%) de aserrín de madera de eucalipto. Los resultados obtenidos mediante el ensayo a compresión son, para el adobe convencional 38.57 kg/cm², adobe más 3% y 5% de ceniza de carbón se obtuvo 55.45 kg/cm² y 25.93 kg/cm² respectivamente, adobe más 2% y 3% de aserrín de madera se obtuvo 25.76 kg/cm² y 25.90 kg/cm². En conclusión, se demuestra que agregando 3% de ceniza de carbón a la mezcla de adobe, esta aumenta su resistencia de compresión en un 43.76% en comparación al adobe convencional.

PALABRAS CLAVES: Adobe, adobe estabilizado, construcción con tierra, resistencia a compresión.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El adobe a lo largo del tiempo ha perdido mucha relevancia como material para la construcción de viviendas, sin embargo, es un material sostenible en todas partes del mundo, ya que su materia prima es la tierra. Rivera (2012) menciona que la tierra como una material de construcción ha sido materia prima de muchas obras arquitectónicas, edificios, templos, viviendas, entre otros.

Sharma et. al (2006) explica que la construcción con adobe es uno de los procesos más sencillos y desarrolla beneficios como, el trabajar sin mano de obra calificada, la obtención y el transporte de materiales y equipos hacia la obra. Así mismo, es importante destacar que el utilizar adobes es una de las formas de minimizar la falta de vivienda ya que trae un beneficio altamente económico (Gamma, 2012).

Uno de los factores importantes por la que se opta la construcción con adobe es que es un material local, al cual priorizan para hacer viviendas y sirve para la protección frente a la lluvia y el viento. El adobe es considerado una de las alternativas de viviendas más convencionales en zonas rurales de población de bajos recursos económicos. Como menciona Rivera et. al (2021) evidencia que las obras con adobe anteriormente no dependían de la industria de la tecnología en materiales y equipos.

La arquitectura rural tiene distintas ventajas de ser sustentable y económica; pese a ello, con el transcurso de los años ha ido perdiendo valor y reconocimiento frente a la sociedad, sobre todo en las zonas urbanas porque a medida que avanza la tecnología y la industria de la construcción, las personas prefieren optar por materiales modernos. “El uso de recursos locales, naturales, renovables y biodegradables para la concepción de los

elementos presenta a este material como una alternativa potencialmente económica y de bajo impacto en el medio ambiente” (Wieser et. al, 2020, p. 165).

La sostenibilidad ambiental tiene características excepcionales para la construcción con materiales renovables, amigables con el ambiente e innovadores influyendo positivamente con el ahorro energético. Como afirma Rodríguez (2020) el construir con adobe reduce las emisiones de carbono, a diferencia de los nuevos materiales en su proceso de fabricación que generan un impacto en el medio ambiente con el cambio climático.

Uno de los aspectos negativos del adobe es el contacto con el agua lo que produce la hinchazón y al secarse este se contrae generando fisuras y grietas en su superficie. Como en el país a finales de diciembre del 2016 hasta finales de mayo del 2017, se presentó el fenómeno climático llamado “El Niño Costero”. Como informa la Presidencia del Consejo de Ministros “Tras los eventos de El Niño Costero 2017, más de 40 000 familias peruanas vieron afectadas sus viviendas. Estas, que en su mayoría estaban fabricadas de quincha, barro o adobe, fueron declaradas inhabitables o colapsadas”

Los reportes de Indeci (2017) indican que afectó a 2 mil 843 sólo entre viviendas destruidas y afectadas representando en un 0.72% del total de viviendas en Cajamarca, causando daños a la vida y salud siendo 13 mil 123 personas damnificadas y afectadas. Cabe recalcar, que se registró que el material de adobe o tapial en el censo del año 2007, tuvo un valor absoluto de 2 229 715 viviendas que representa el 34,8%; y en el año 2017, 2 148 494 viviendas representando el 27.9%, indicando que en el año 2017 disminuyó el porcentaje de viviendas de adobe. Pero, aun así, se puede destacar que es el segundo material predominante que usan para la construcción. (INEI, 2018)

En el Perú el mayor porcentaje de viviendas que tienen más predominancia con material de adobe son Cajamarca con 10.89%, Cusco con 12.89%, La libertad 11.34% y Puno 12.41%, de un valor de 1 791 829 viviendas alrededor de todo el Perú. (INEI, 2018)

La construcción con adobe ha sido una opción viable a través de los años ya que tiene ventajas económicas, la facilidad en su elaboración y procesos constructivos. Pero, también tienen desventajas con respecto a su comportamiento estructural en viviendas de mayor altura donde baja su resistencia. (Dominguez et. al, 2022)

Según Gonzáles et. ál. (2019), afirma se han realizado investigaciones previas a cerca del mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe en la resistencia a compresión y durabilidad al incorporar fibras tanto naturales como sintéticas.

Se presentan los antecedentes a nivel internacional, nacional y regional:

“Reciclaje de ceniza de paja de arroz para producir ladrillos de adobe de geopolímero resistentes a la humedad y de baja conductividad térmica” investigación realizada por Morsy et. al, en el año 2022, donde realizaron la caracterización del suelo y ladrillos de adobe de 40x40x160mm de geopolímero de ceniza de paja de arroz (RSA) con una combinación de suelo mas RSA en porcentajes de 0, 5, 10 y 20% y 2.5, 5, 7.5 y 10% de hidróxido de sodio (NaOH) que fueron curados durante 28 días, la mitad de bloques a temperatura ambiente y la otra mitad sumergidos en agua.

La resistencia a compresión indica que el adobe que tenía un porcentaje de 20% RSA más 10% de NaOH obtuvo el mayor valor de resistencia a compresión de 2.10 MPa a los 28 días y también minimizó la absorción del agua de 8.3 % en la misma composición. El porcentaje de 20% RSA más 10% NaOH da un valor de conductividad térmica de 0.46 W/(m*k) y 0.87 W/(m*k) al 5% RSA y 10% NaOH.

Los autores concluyeron que al aumentar el porcentaje de 0% a 20% de RSA aumentó la resistencia a compresión dando 2.10 MPa y disminuyó la conductividad térmica al combinar 20% RSA y 10% de NaOH obteniendo 0.46 W/(m*k).

En el artículo “Reproducción de adobes tradicionales utilizando porcentajes variables de paja y aserrín” por los autores Costi et. al, en el año 2021. Evaluaron las propiedades físico-mecánicas del suelo y elaboraron adobes en moldes de aluminio de 45x30x5 cm con diferentes porcentajes para investigar la influencia de paja (fibra de paja de trigo triturada) y aserrín (pino blanco), la composición del adobe fue 30, 40, 50, 60 y 70% cada uno.

Luego realizaron ensayos de laboratorio como resistencia a compresión y flexión, los resultados de resistencia a compresión con la adición de aserrín de 30% y 70% se obtuvo 4.25 MPa y 1.86 MPa respectivamente; con la adición de paja de 30% y 70% se obtuvo 2.69 MPa y 0.44 MPa respectivamente. Para la resistencia a la flexión se obtuvo que 2.99 MPa y 1.72 MPa en 40% y 70% de aserrín respectivamente, también, se obtuvo 2.03 MPa y 0.65 MPa para la adición de 30% y 70% respectivamente.

Por un lado, concluyeron que la resistencia a compresión aumentó a medida que el porcentaje de aserrín disminuye; y la resistencia a compresión aumenta cuando se incrementa el porcentaje de la paja. Por otro lado, la flexión aumenta a medida que el porcentaje de paja disminuye, pero en el porcentaje de 40% obtiene el máximo valor; si aumenta el porcentaje de la paja la resistencia a flexión disminuye.

Rodríguez en su artículo científico con título “Ladrillos de adobe con melaza de caña de azúcar y yeso para mejorar la resistencia a la compresión en la ciudad de Cagua, Colombia” en el año 2020, hizo ensayos de granulometría, gravedad específica, índice de plasticidad y contenido de humedad de la tierra en estudio. El autor elaboró adobes con melaza de caña de azúcar y yeso en porcentajes de 5, 10 y 15 entre ambos.

Los adobes tenían las medidas de 10x20x10 cm. Las muestras fueron curadas durante 28 días secados a la intemperie y rociado con agua todas sus caras, luego de ello, realizó el ensayo a compresión obteniendo como resultados, adobe más yeso (15%) 1.86 MPa, adobe más melaza de caña (15%) 0.80 MPa; y adobes más yeso (2.5%) y melaza de caña (2.5%) 2.15 MPa.

El autor concluyó que a mayor porcentaje de yeso al adobe mayor resistencia a compresión y si a mayor porcentaje de melaza de caña disminuye la resistencia, con respecto a la combinación de yeso y melaza de caña, sí se aumenta su porcentaje la resistencia a compresión disminuye, pero en su combinación de adobes más 2.5% de yeso y 2.5% de melaza de caña tuvo la mejor resistencia 2.15 MPa.

Carlos en su tesis “Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de tres porcentajes (1.5%, 3.0%, 4.5%) de viruta metálica” en el año 2019, realizó el estudio de suelos para identificar las propiedades mediante ensayos de granulometría, límite de Atterberg y Proctor modificado. Luego realizó la fabricación de 56 adobes pesando 9 kg por cada uno; siendo clasificados por muestra patrón, adobe más 1.5, 3.0 y 4.5% de viruta metálica.

El resultado que obtuvo de resistencia a compresión de los adobes compactados para la muestra patrón y para los porcentajes de viruta metálica en 0, 1.5, 3.0 y 4.5% son 19.69, 38.21, 50.12 y 54.94 kg/cm² respectivamente. La resistencia a la flexión de los adobes compactados para los porcentajes de 0, 1.5, 3.0 y 4.5 % son 21.60, 35.57, 40.36 y 54.44 kg/cm² respectivamente.

El autor concluyó que la resistencia a compresión y a flexión aumenta a medida que se incrementa los porcentajes de viruta metálica, obteniendo valores mayores de los que estipula la norma E. 080.

En la tesis de pregrado de “Evaluación de la erosión y resistencia del adobe adicionado con cenizas de carbón y cal” por el autor Sandoval en el año 2021, realizó la selección del suelo para los adobes de 20x30x10 cm, 10x10x10 cm y 15x15x50 cm, el autor elaboró 108 ladrillos con la incorporación de cenizas de carbón y cal en porcentajes de 3, 5, 8, 10 y 12%.

Los resultados obtenidos de la resistencia a compresión del adobe a los 28 días de la muestra patrón y porcentajes de 3, 5, 8, 10 y 12% de ceniza de carbón con cal tienen un valor de 9.50, 11.59, 12.25, 13.50, 15.00 y 14.75 kg/cm², respectivamente. El ensayo de erosión consistió en medir la oquedad que genera el constante goteo de agua en el adobe, los resultados que el autor obtuvo fueron 43.53, 38.66, 34.51, 32.23, 18.33 y 17.69 mm en porcentajes de 0, 3, 5, 8, 10 y 12% respectivamente.

Como conclusión, se obtuvo que la resistencia a compresión aumenta cuando el porcentaje de adición de cal y ceniza de carbón se va incrementando. A mismo, se evidencia que al incorporar 3, 5 y 8% de adición de cal y ceniza de carbón aumentó su resistencia a la erosión, pero en el porcentaje de 10% y 12% disminuye su resistencia.

En la investigación de Mantilla con su tesis de “Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho” en el año 2018, indica que realizó ensayos de mecánica de suelos para fabricar los adobes. El autor elaboró bloques clasificados con incorporación de fibra vegetal (viruta de madera tornillo) y fibra de caucho (neumáticos usados) en porcentajes de 2, 3 y 5%, para determinar sus propiedades físico-mecánicas.

La resistencia a compresión, resistencia a flexión, absorción de agua y saturación fueron los ensayos realizados, donde concluyó que la resistencia a compresión aumenta con el porcentaje de 3% de viruta obteniendo 30.25 kg/cm², del mismo modo, se determinó que

la resistencia a flexión aumenta con el mismo porcentaje de 3% de viruta a 8.35 kg/cm^2 . Sin embargo, la resistencia a la absorción disminuyó al adicionar 5% de caucho con 14.20%.

A continuación, se detalla los conceptos más importantes:

Adobe: elemento elaborado con tierra, agua y paja, que debe ser mezclado manera continua para expulsar el aire de la mezcla; para ser colocado en adoberas y que sean desmoldados de inmediato para su secado a la exposición del aire. (Vargas, 2020)

Adobe estabilizado: adobe en el que se ha incorporado otros materiales para mejorar las propiedades de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. (E.080)

Resistencia a la compresión de la unidad: se determina ensayando cubos cuadrados labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe. Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f_o mínimo aceptable de 10.2 kg/cm^2 . (E.080)

Ceniza de carbón: es el residuo cuya descomposición es producto de la combustión de la materia vegetal de la madera.

Aserrín de madera: es el residuo resultante del proceso mecánico de aserrar la madera, este es uno de los principales residuos forestales. (Serret, et. al, 2016)

La justificación para esta investigación se deduce que existen materiales que al ser añadidos al adobe mejoran sus propiedades del mismo, siendo este el propósito de esta investigación las propiedades y características incorporando aditivos como la ceniza de carbón y aserrín de madera con el fin de maximizar los beneficios del material y mejorar la resistencia a compresión.

Los adobes incorporados con algunos aditivos propagarían viviendas duraderas que pueden lograr reducir el costo de fabricación de una vivienda usando recursos naturales, reduciendo el consumo de energía cuando se fabrican los materiales de construcción como el ladrillo y se propagaría la vida sostenible (Sharma et. al, 2016).

Eslami et. al, (2022) menciona que los materiales que generan sostenibilidad para mejorar las propiedades de la tierra son las fibras vegetales, ya que no perjudican el medio ambiente y se pueden adquirir fácilmente. Así mismo, Rodríguez (2020) afirma que las fibras, la cal y la cáscara de arroz garantiza mejorar la resistencia a compresión del adobe.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión del adobe estabilizado incorporando ceniza de carbón y aserrín de madera?

1.3. Objetivos

Objetivo principal

- ✓ Determinar la resistencia a compresión del adobe estabilizado incorporando ceniza de carbón y aserrín de madera.

Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas del suelo para la elaboración de adobes.
- ✓ Elaborar adobes incorporando 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera para calcular su resistencia a la compresión.
- ✓ Comparar la resistencia a compresión de los adobes incorporando 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera frente al adobe tradicional.

1.4. Hipótesis

- ✓ La adición de 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera aumenta en un 25% la resistencia a compresión frente al adobe tradicional.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Clasificación de investigación

Tipo de investigación, “la investigación es de tipo aplicada debido a que un proceso permite transformar el conocimiento teórico que proviene de la investigación básica en conceptos, prototipos y productos, sucesivamente” (Lozada, 2014, p. 36).

Nivel de investigación, “explicativo, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández et. al, 2014, p. 2).

Enfoque de investigación, “cuantitativo debido a que utiliza la recolección de datos y el análisis de los mismos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva en inferencial”. (Ñaupas et. al, 2014)

Diseño de investigación, “la investigación es experimental, ya que es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuo, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variables independientes), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. (Arias, 2012, p. 34)

Población y muestra del estudio

Población: Se elaboró 60 unidades de bloques de adobe con la máquina CINVA RAM.

Muestra: Según la norma E0.80 para el ensayo a compresión, los cubos de adobe deben cumplir con el promedio de las cuatro mejores muestras de seis de estas, sean igual o mayor a la resistencia última indicada, a 10.2 kg/cm^2 . Debido a ello, se elaboró para esta

investigación 12 unidades por cada tipo de adobe, se muestra en la siguiente tabla la clasificación de adobes.

Tabla 1.
Cantidad de muestras para ensayo a compresión

	Porcentaje	Material	Resistencia a compresión 28 días
Adobe convencional	0 %		12 und.
Adobe	3 %	Ceniza de carbón	12 und.
	5 %	Ceniza de carbón	12 und.
Adobe	2 %	Aserrín de madera	12 und.
	3 %	Aserrín de madera	12 und.
Total			60 unidades

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de adobes por cada muestra.

Materiales, instrumentos y métodos: La elección de la cantera para el desarrollo de la tesis fue mediante la clasificación de varios estudios previos, según Anexo 07; donde se determinó algunos parámetros para realizar su elección, según Anexo 04. El lugar elegido para la toma de muestras es:

Cantera : Santa Bárbara.
 Departamento : Cajamarca.
 Provincia : Baños del Inca.
 Centro Poblado : Santa Bárbara.

Los protocolos utilizados para el laboratorio de suelos fueron, Protocolo de contenido de humedad, Protocolo de granulometría por lavado, Protocolos de índice de plasticidad, Protocolo de Proctor modificado y Protocolo de resistencia a compresión.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Para la elaboración del adobe se tomó en consideración los siguientes pasos.

Paso 1: la tierra fue cernida y después se humedeció ésta un día antes y se dejó reposar por 24 horas.

Paso 2: Al día siguiente se agregó la paja cortada, el agua y el material ya sea ceniza de carbón o aserrín de madera de eucalipto en porcentajes determinados. Se realizó la mezcla de éstos para expulsar el aire que contiene.

Paso 3: Luego, se vació el material mezclado en la máquina Cinva Ram con medidas de 30x15x10 cm, siendo estos comprimidos para obtener adobes de aproximadamente 15 m de ancho, 15 cm de largo y 10 cm de alto.

Paso 4: Finalmente, los adobes fueron desmoldados en el mismo momento para su secado por 28 días, y realizar los ensayos de resistencia a compresión.

Para la recolección de datos se usaron guías y protocolos del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte Cajamarca. A continuación, se detallan los ensayos para laboratorio de mecánica de suelos.

Tabla 2.
Contenido de humedad

Equipos	Procedimiento
✓ Horno de secado. ✓ Balanza. ✓ Contenedor.	1. Determinar el peso del contenedor “c”, luego determinar la muestra húmeda más el contenedor. ($W_h + c$), luego secar la muestra en el horno durante 24 horas.
Fórmula	2. Determinar el peso de la muestra seca más el recipiente ($W_s + c$), luego determinar el peso del agua. $W_w = (W_h + c) - (W_s + c)$ 3. Determinar el peso de la muestra seca. 4. $W_s = (W_s + c) - c$

Nota. Esta tabla muestra los equipos y procedimientos del ensayo de contenido de humedad.

Tabla 3.
Granulometría mediante tamizado por lavado.

Equipos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tamices. ✓ Balanza. ✓ Horno de secado. ✓ Contenedores. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Secar el material y determinar el peso de la muestra seca W_s. Colocar el material en el contenedor y cubrir con agua durante horas. 2. Realizar el tamizado del material por la malla de 0.074mm con chorro de agua, el material retenido en este tamiz se deja secar y luego pasar la muestra seca por los tamices. 3. Determinar el porcentaje de los pesos retenidos en cada tamiz %RP y los pesos acumulados %RA 4. Determinar los porcentajes acumulados que pasan por los tamices (% que pasa).
<p>Fórmula</p> $\%RP = \frac{PRT}{W_s} \times 100$ <p>%RA1 = %RP1</p> <p>%RA2 = %RP1 + %RP2</p> <p>%que pasa = 100% – %RA</p>	

Nota. Esta tabla muestra los equipos y procedimientos del ensayo de granulometría.

Tabla 4.
Límite Líquido

Equipos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tamiz N° 40. ✓ Copa de Casagrande. ✓ Ranurador. ✓ Balanza. ✓ Horno. ✓ Probeta de 100 ml. ✓ Cápsula de porcelana. ✓ Contenedores. ✓ Espátula. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar la mezcla del material con agua hasta obtener una pasta uniforme. Colocar una porción de la pasta en la copa Casagrande hasta lograr un espesor de 1 cm. 2. En el centro de la copa Casagrande realizar una ranura con el ranurador para que quede dividida en 2 partes. Elevar y dejar caer la copa en 2 caídas por segundo hasta que las dos partes se unan en la parte inferior de la ranura, anotando los n° de golpes. 3. Colocar la muestra en un contenedor para obtener su contenido de humedad. 4. Agregar el material a la cápsula de porcelana, agregar agua si el n° de golpes fue alto o agregar material si el n° de golpes fue bajo. (n° de golpes entre 6 y 35) 5. Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
<p>Fórmula</p> $W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	

Nota. Esta tabla muestra los equipos y procedimientos del ensayo de el límite líquido.

Tabla 5.

Límite Plástico

Equipos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Balanza. ✓ Horno de secado. ✓ Cápsula de porcelana ✓ Contenedores. ✓ Placa de vidrio ✓ Espátula. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregar material seco a la pasta que se usó para el límite líquido con el fin de disminuir su contenido de humedad. 2. Realizar rollos con la pasta sobre la placa de vidrio hasta obtener rollos de 3 mm de diámetros para determinar su contenido de humedad. 3. Repetir el ensayo 1 vez más. 4. El límite plástico es el promedio de ambos valores del contenido de humedad.
Fórmula	
$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	

Nota. Esta tabla muestra los equipos y procedimientos del ensayo de límite plástico.

Tabla 6.
Índice de Plasticidad

Fórmula	Procedimiento
$IP = LL - LP$	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Nota. Esta tabla muestra la fórmula para obtener el índice de plasticidad.

Tabla 7.
Proctor Modificado

Equipos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipo Proctor (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión). ✓ Pisón. ✓ Balanza. ✓ Horno. ✓ Probeta de 1000 ml. ✓ Contenedor de 6kg. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar 4 muestras de material más agua de tal forma que varíe aproximadamente 1½% entre ellas. 2. Ensamblar el molde cilíndrico con la placa base y el collar de extensión y papel filtro. 3. Realizar la compactación de las muestras en 5 capas, cada capa con 25 o 56 golpes, al terminar la compactación la última capa, se debe retirar el collar

✓ Espátula.	de extensión, se enrasa con la espátula y se
✓ Contenedores.	determina la densidad húmeda. (Dh)
Fórmula	4. Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (w%) utilizando muestras de la parte superior e inferior.
$D_s = \frac{D_h}{(1 + w\%/100)}$ $W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100$	5. Determinar la densidad seca de cada muestra (Ds) y el óptimo contenido de humedad.

Nota. Esta tabla muestra los equipos y procedimientos del ensayo de Proctor modificado.

Análisis estadísticos: Se utilizó una hoja de cálculo para elaborar una base de datos obtenidos a través de ensayos de mecánica de suelos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, para realizar sus cálculos estadísticos e interpretar sus resultados. Se utilizó las medidas de tendencia central según Rendón et. al, (2016), define lo siguiente:

Tabla 8.
Estadística en la investigación

Escala cuantitativa.	Escala cualitativa.
Promedio o media Se obtiene mediante la suma de todos los datos entre la cantidad total de ellos.	Cuadros o tablas Consiste en un conjunto de datos en filas y columnas que permiten determinar realizar una base de datos.
Mediana Representa el valor que divide la muestra en dos partes o el valor medio que está por debajo o arriba de éste.	Gráficas Las gráficas tienen como objetivo mostrar tendencias. Así mismo, son útiles para resaltar datos importantes.
Moda Valor más frecuentemente dentro de los datos.	

Rendon et. al, 2016

Nota. Esta tabla muestra la estadística cuantitativa y cualitativa usados para la tesis.

En aspectos éticos; en primer lugar, se ha dado prioridad a la confiabilidad de los resultados obtenidos durante los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos, estos se llevaron a cabo siguiendo las guías y protocolos establecidos, y fueron verificados tanto por el ingeniero de laboratorio como por el asesor. Asimismo, es relevante mencionar que se utilizó una versión estudiante del software Excel para la elaboración de las hojas de cálculo.

Además, se ha tenido en cuenta la transparencia y el respeto por el trabajo intelectual de otros autores. Durante la investigación, se utilizaron citas textuales y referencias de otros autores relacionados con el tema expuesto. Estas citas se han mencionado adecuadamente, siguiendo las normas y estándares establecidos, lo que aporta fiabilidad a la presente investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

De acuerdo a los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte-Sede Cajamarca, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 9.

Resultados de contenido de humedad

Promedio porcentaje de humedad	(%)	7.69
--------------------------------	-----	------

Nota. Esta tabla muestra el resultado del ensayo de contenido de humedad.

Tabla 10.

Resultados de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
N° 4	93.28
N° 200	57.64

Nota. Esta tabla muestra el resultado del ensayo de granulometría.

Tabla 11.

Resultados de límites de consistencia

Promedio Límite Líquido	(%)	42.69
Promedio Límite Plástico	(%)	21.77
Índice de Plasticidad	(%)	20.92

Nota. Esta tabla muestra el resultado del ensayo de los límites de Atterberg.

Clasificación del suelo

El suelo pertenece a la clasificación CL: Arcillas inorgánica de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas y arcillas limosas.

Tabla 12.

Resultados de Proctor Modificado

Porcentaje de adición de	Ceniza de carbón			Aserrín de madera	
	0 %	3 %	5%	2 %	3 %
Densidad seca máxima (gr/cm ³)	1.69	1.62	1.71	1.51	1.50
Humedad Óptima (%)	12.62	9.83	12.89	15.11	17.93

Nota. Esta tabla muestra el resultado del ensayo de Proctor Modificado.

Tabla 13.

Dosificación para realizar adobes

		Ceniza de carbón			Aserrín de madera	
		0 %	3 %	5%	2 %	3 %
Suelo	(gr)	9000	9000	9000	9000	9000
Paja	(gr)	90	90	90	90	90
Agua	(l)	1.140	0.980	1.160	1.360	1.610
Aditivo	(gr)	0	270	450	180	270

Nota. Esta tabla muestra la cantidad de material para realizar los adobes.

En efecto, para realizar el ensayo a compresión de las 60 unidades de adobes con las cantidades anteriormente mostradas según parámetros y resultados de ensayos realizados, fueron clasificados como:

MP- muestra patrón.

C3- adobe más 3% de ceniza de carbón.

C5- adobe más 5% de ceniza de carbón.

A2- adobe más 2% de aserrín de madera.

A3- adobe más 3% de aserrín de madera.

Resultados de resistencia a compresión de las 12 unidades de muestra patrón a los 28 días

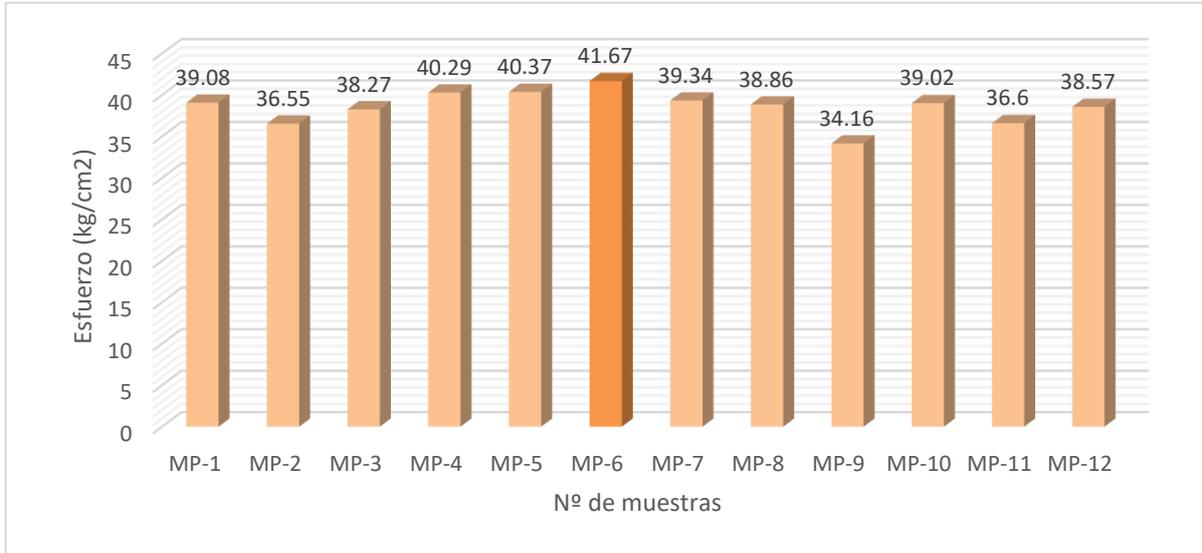


Figura 1. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe convencional

Se observa el esfuerzo último a compresión de cada uno de los adobes, la muestra que soportó mayor carga es la número 6 (MP-6) con 41.67 kg/cm². El promedio de la resistencia a compresión es de 38.57 kg/cm².

Resultados de resistencia a compresión de las 12 unidades de adobe más 3% de ceniza de carbón a los 28 días

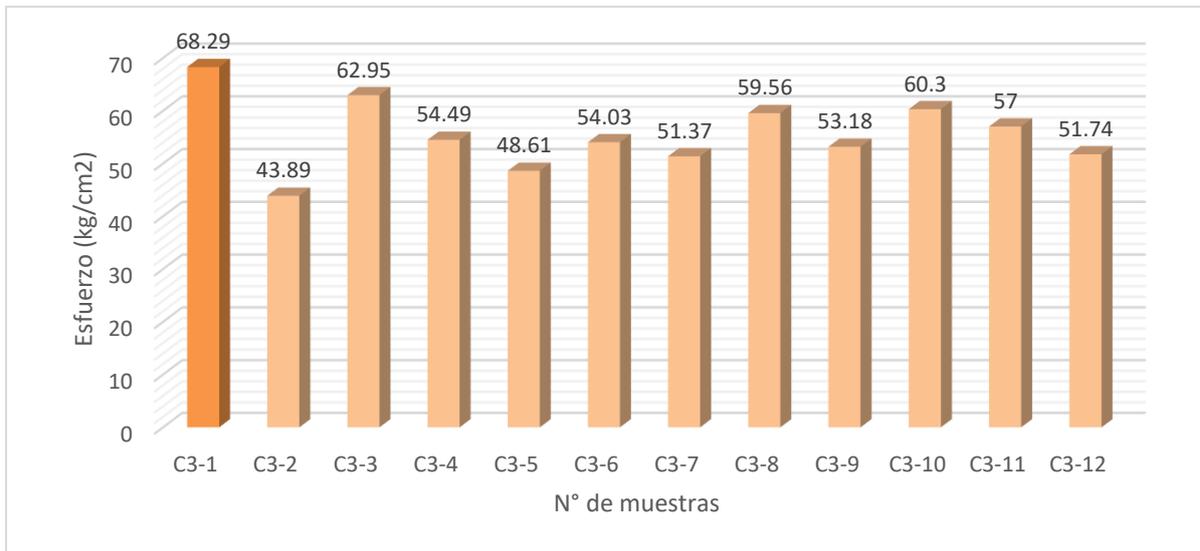


Figura 2. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 3% de ceniza de carbón

Se observa el esfuerzo último a compresión de cada uno de los adobes, la muestra que soportó mayor carga es la número 1 (C3-1) con 68.29 kg/cm². El promedio de la resistencia a compresión es de 55.45 kg/cm².

Resultados de resistencia a compresión de adobe más 5% de ceniza de carbón

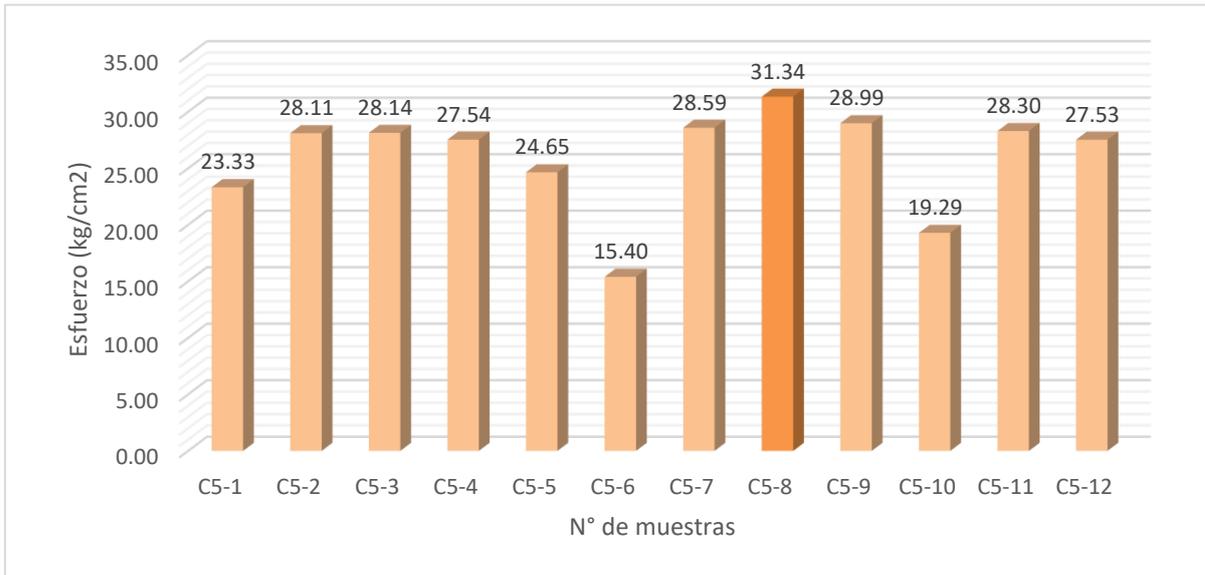


Figura 3. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 5% de ceniza de carbón

Se observa el esfuerzo último a compresión de cada uno de los adobes, la muestra que soportó mayor carga es la número 8 (C5-8) con 31.34 kg/cm². El promedio de la resistencia a compresión es de 25.93 kg/cm².

Resultados de resistencia a compresión de adobe más 2% de aserrín de madera de eucalipto

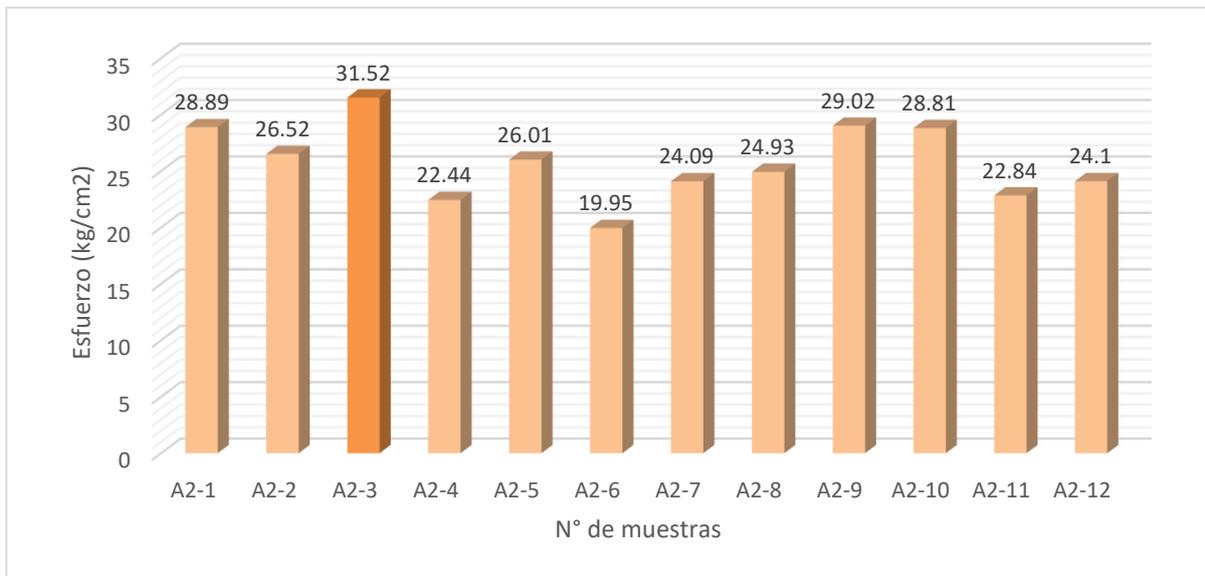


Figura 4. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 2% de aserrín de madera

Se observa el esfuerzo último a compresión de cada uno de los adobes, la muestra que soportó mayor carga es la número 3 (A2-3) con 31.52 kg/cm². El promedio de la resistencia a compresión es de 25.76 kg/cm².

Resultados de resistencia a compresión de adobe más 3% de aserrín de madera de eucalipto

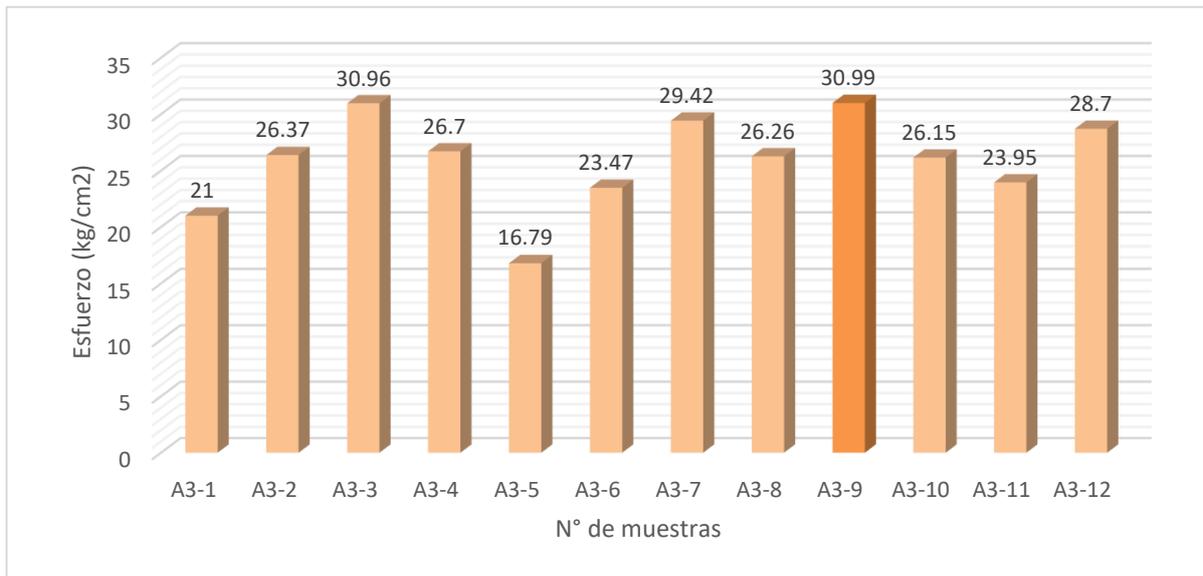


Figura 5. Resistencia a compresión de 12 muestras de adobe más 3% de aserrín de madera
Se observa el esfuerzo último a compresión de cada uno de los adobes, la muestra que soportó mayor carga es la número 9 (A3-9) con 30.99 kg/cm². El promedio de la resistencia a compresión es de 25.90 kg/cm².

Promedio de resistencia a compresión según la clasificación de los adobes

Tabla 14.

Promedio de la resistencia a compresión del adobe a los 28 días

Muestra	Carga última promedio (kg)	Esfuerzo promedio(kg/cm ²)	Deformación promedio (mm)
Adobe convencional	8446	38.57	7.85
Adobe + 3% de ceniza de carbón	11908	55.45	6.60
Adobe + 5% de ceniza de carbón	5726	25.93	6.33
Adobe + 2% de aserrín de madera	5813	25.76	7.16
Adobe + 3% de aserrín de madera	5868	25.90	8.83

Nota. Esta tabla muestra el resultado de los adobes sometidos a resistencia a compresión.

Resumen de los resultados promedio de los adobes en el ensayo a compresión

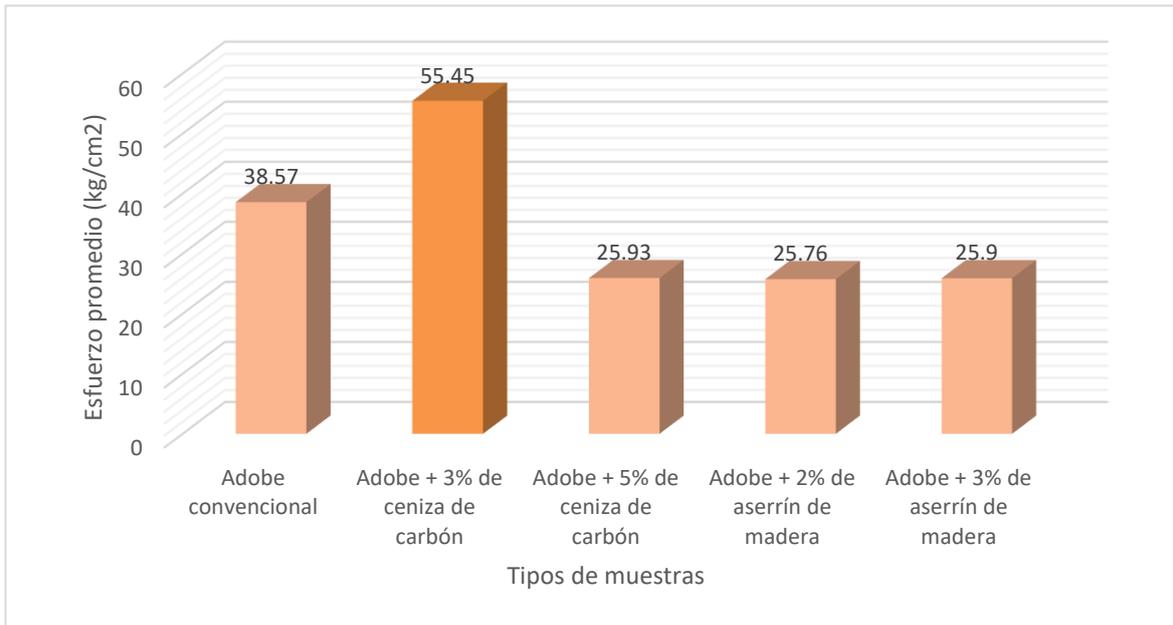


Figura 6 Resumen promedio de la resistencia a compresión del adobe a los 28 días

Se observa que el adobe más 3% de ceniza de carbón tiene el mayor resultado promedio al ser sometido todas sus muestras al ensayo a compresión obteniendo 55.45 kg/cm².

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De forma comparativa con las investigaciones citadas anteriormente, se interpreta:

En la investigación de Costi et. al, del año 2021 donde realizó adobes con paja de trigo y aserrín en diferentes porcentajes de 30, 40, 50, 60 y 70% entre ambos materiales; concluyó que a medida que el porcentaje de aserrín disminuye la resistencia a compresión aumenta, obteniendo 43.38 kg/cm^2 cuando adiciona 30% de aserrín; sin embargo, en esta tesis no se obtuvo el aumento de resistencia a compresión al disminuir el porcentaje de aserrín de madera de 3% a 2%.

Sandoval en el año 2021, en su tesis de grado realizó adobes con ceniza de carbón y cal en porcentajes de 3, 5, 8, 10 y 12%; concluyó que la resistencia a compresión es mayor a medida que la cal y la ceniza de carbón aumentan, obteniendo hasta un 4.75 MPa; por el contrario, en esta investigación la resistencia a compresión aumenta obteniendo 55.45 kg/cm^2 cuando se disminuye el porcentaje de ceniza de carbón del 5% al 3%.

Mantilla en el 2018 en su tesis, elaboró adobes adicionando viruta de madera y caucho en porcentajes de 2, 3 y 5% entre ambos materiales, obteniendo 30.25 kg/cm^2 como mayor valor de resistencia a compresión al adicionar 3% de viruta y caucho, esto significa que al disminuir la viruta y el caucho su resistencia a compresión aumenta; sin embargo, en esta tesis a modo de comparación, se concluyó que al disminuir el aserrín de madera del 3% al 2% % la resistencia a compresión disminuye.

En relación a la limitación de esta investigación, cabe destacar la escasa disponibilidad de estudios y artículos científicos que hayan abordado la integración de los mismos aditivos en un adobe estabilizado. Esta circunstancia dificulta la comparación exhaustiva entre los antecedentes existentes y el presente estudio, ya que no se han empleado los mismos aditivos en el adobe para mejorar su resistencia a la compresión.

Las implicaciones prácticas de este trabajo de investigación se basan en el aumento de la resistencia a la compresión logrado al agregar un 3% de ceniza de carbón al adobe. Esto resulta en la posibilidad de realizar construcciones sostenibles mediante la inclusión de ceniza de carbón en la fabricación de adobes convencionales con ceniza de carbón, material de fácil obtención en las zonas rurales, producto de la combustión de la madera.

En cuanto a las implicancias teóricas, este estudio se basó en una búsqueda de información con el fin de respaldar la idea de que existen varios materiales que pueden mejorar las propiedades del adobe estabilizado. Esto sirvió como base para la presente investigación, particularmente a la incorporación de ceniza de carbón, la cual mostró un rendimiento satisfactorio en los resultados del ensayo de resistencia a la compresión.

De la presente investigación, se concluye de acuerdo a los objetivos:

Se determinó las propiedades físicas del suelo, mediante los ensayos de contenido de humedad, granulometría por lavado, límite líquido y límite plástico y proctor modificado, para la elaboración de adobes.

Se elaboró 60 muestras clasificándolas en: adobes convencionales, adobes incorporando 3% y 5% de ceniza de carbón y adobes incorporando 2% y 3% de aserrín de madera.

Se realizó la comparación de la resistencia a compresión de los adobes incorporando 3% y 5% de ceniza de carbón, obteniendo 55.45 y 25.93 kg/cm² respectivamente y 2% y 3% de aserrín de madera, obteniendo 25.76 y 25.90 kg/cm² respectivamente; frente al adobe convencional que se obtuvo 38.57 kg/cm².

La hipótesis no cumple debido a que al adicionar 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera la resistencia a compresión no aumenta en un 25% en comparación del adobe convencional.

Referencias

Adegoke, K. A., Adesina, O. O., Okon-Akan, O. A., Adegoke, O. R., Olabintan, A. B., Ajala g, O. A., Maxakato, W. y Bello, O. S. (2022). *Sawdust-biomass based materials for sequestration of organic and inorganic pollutants and potential for engineering applications*. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5. 2-39. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100274>

Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología Científica*. Sexta Edición. Editorial Episteme.

Carlos, R. (2019). *Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de tres porcentajes (1.5%, 3.0%, 4.5%) de viruta metálica*. Universidad Privada del Norte. Perú

Costi, M., Loannou, L. y Philokyprou, M. (2021). *Reproduction of traditional adobes using varying percentage contents of straw and sawdust*. *Construction and Building Materials*, 294, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106461>

Domínguez, D. y Moya, J. (2022). *Structural and mechanical performance of adobe with the addition of high-density polyethylene fibres for the construction of low-rise buildings*. *Engineering Failure Analysis*, 139, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106461>

Eslami, A., Banadaki, H. M. y Ronagh, H. (2022). *Sand-coated reeds as an innovative reinforcement for improving the in-plane seismic behavior of adobe walls*. *Construction and Building Materials*, 326, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126882>

Gama – Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T, Alcalá-Martínez, R., Cabadas-Báez, H., Jasso Castañeda, C., Díaz-Ortega, J. Sánchez-Pérez, S., López-Aguilar, F y Villanova de Allende, R. (2012). *Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 64(2). 177-188. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94326949003>

Gonzáles, K. D., Sánchez, R., Pita, D. y Pérez, L.F. (2019). *Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verde*. Ingeniería, investigación y tecnología, 20(3), 1-9. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n3.030>.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición*. Mc Graw Hill Education

INDECI – Instituto Nacional de Defensa Nacional (2017). *Compendio Estadístico del Indeci 2017 – Parte I*. Gestión Reactiva. Dirección de Políticas, Planes y Evaluación. (Original publicado en 2017). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1048401/20180227171454120200726-15599-1ptpifw.pdf>

INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Perú: Perfil Sociodemográfico Informe Nacional*. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda, 1-644. (Original publicado en 2018). https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/

Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e industria*. Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamericana, Quito Pichincha, Ecuador, 3(1), 34-39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

Mantilla, J.C. (2018). *Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Morsy, M. I., Alakeel, K. A., Ahmed, A. E., Abbas, A. E. Omara, A. I. Abdelsalam, N. R. y Emaish, H. H. (2022). *Recycling rice straw ash to produce low thermal conductivity and moisture-resistant geopolymer adobe brick*. Saudi Journal of Biological Sciences. 29(5). 3759-3771. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.046>

Norma E.080. *Adobe*. (2006, 10 de junio) Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Serret-Guasch, N., Giralt-Ortega, G. & Quintero-Ríos, M. (2016). *Caracterización de aserrín de diferentes maderas*. Tecnología Química Universidad del Oriente, 36(3), 468-479. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445546669012>

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Educación 4ª Edición.

Perú: Presidencia del Consejo de Ministros. (s.f.). *Reconstrucción de viviendas con cambios*. Consultado el 09 de junio de 2022. <https://www.rcc.gob.pe/2020/main-home/plan-integral/vivienda/>

Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keeve, M. Á. y Miranda Novales, M. G. (2016). *Estadística descriptiva*. Revista Alergia México. 63(4). 397-407. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755026009>

Rivera, H., Valderrama, O., Daza, A. y Plazas, G. (2021). *Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia)*. Revista de Arquitectura (Bogotá), 26(1), 74-85. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2762>

Rivera, J. C. (2012). *El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales*. Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies, 25(2), 164-181.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200002

Rodríguez, L. S. (2020). *Adobe bricks with sugarcane molasses and gypsum to enhance compressive strength in the city Cagua, Colombia*. Revista de la Construcción, 19(3), 358-365, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-915X2020000300358&lng=es&nrm=iso

Sandoval, G. D. (2021). *Evaluación de la erosión y la resistencia del adobe adicionado con cenizas de carbón y cal*. (tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú

Sharma, V., Marwaha, B. M., y Vinayak, H. K. (2016). *Enhancing durability of adobe by natural reinforcement for propagating sustainable mud housing*. International Journal of Sustainable Built Environment, 5(1), 141-155.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.03.004>

Vargas, C. G. (2020). *Reflexiones sobre arquitectura vernácula, tradicional, popular o rural*. Arquitectura y Urbanismo, XLII(1), 146-163,
<https://www.redalyc.org/journal/3768/376868445005/html/>

Wiese, M., Onnis, S. y Meli, G. (2020). *Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano*. Revista de Arquitectura (Bogotá), 22(1), 164-174.
<https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/2633>

Anexos

ANEXO N° 1. Investigaciones seleccionadas para la elección de los porcentajes de aditivos.

Tabla 15.

Investigaciones para la elección de los porcentajes de aditivos

Código	Investigación	Material incorporado
I1	Evaluación de la erosión y la resistencia del adobe adicionado con cenizas de carbón y cal	Ceniza de carbón
I2	Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz	Ceniza de carbón
I3	Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa arbórea	Ceniza de carbón
I4	Influencia de la ceniza y cemento, en adobes ecológicos prensados; sobre la compresión y durabilidad, Trujillo 2019	Ceniza de carbón
I5	Comportamiento térmico y mecánico del adobe adicionando ceniza de hornos ladrilleros en el distrito de San Miguel, Puno – 2021	Ceniza de carbón
I6	Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho	Aserrín de madera
I7	Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016	Aserrín de madera
I8	Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín en las zonas rurales de San Ignacio, Cajamarca 2017	Aserrín de romerillo
I9	Estabilización del adobe con adición de viruta de Eucalipto, Chincha 2018	Aserrín de madera
I10	“Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019”	Fibra de madera

Nota. No se obtuvo muchas investigaciones donde únicamente se use ceniza de carbón.

ANEXO N° 2. Valores obtenidos de resistencia a compresión de ceniza de carbón.

Tabla 16.

Valores de resistencia a compresión de ceniza de carbón

"I"	Cod.	Aditivos	Tiempo de secado	Suelo (kg)	Composición			F'c kg/cm ²	
					Agua (Lt)	A1 (%)	A2 (%)		
I1	A1	Ceniza de carbón y cal	28 días			0	0	9.50	
						1.5	1.5	11.59	
						2.5	2.5	12.25	
						4.0	4.0	13.50	
						5.0	5.0	15.00	
						6.0	6.0	14.75	
I2	A1	Cáscara de huevo	30 días	6.50	1.25	0	0	16.24	
					6.50	1.25	1.0	1.0	14.3
					6.50	1.25	1.0	2.0	15.27
I3	A1	Biomasa arbórea eucalipto	30 días			0		12.62	
						8.0		6.13	
						10.0		4.56	
I4	A1	Ceniza de quinua	30 días			0		12.84	
						5.0		14.63	
						10.0		16.37	
I5	A1	Ceniza de hornos ladrilleros	28 días			0.0		24.7	
						1.5		30.47	
						3.0		31.61	
						4.5		28.76	

Nota. "I" investigación, "A1 y A2" porcentaje de aditivo según corresponda"

ANEXO N° 3. Valores obtenidos de resistencia a compresión de aserrín de madera.

Tabla 17.

Valores de resistencia a compresión de aserrín de madera

"I"	Cod.	Aditivos	Tiempo de secado	Suelo (kg)	Composición			F'c kg/cm ²
					Agua (Lt)	A1 (%)	A2 (%)	
I6	A1	Viruta de madera tornillo	60 días	6.6		0		22.22
						2.0		29.75
						3.0		30.25
						5.0		27.38
I7	A1	Aserrín de eucalipto	28 días			0	0	26.23
						1.5		30.14
	A2	Viruta de eucalipto				3.0		32.72
						4.5		35.67
							1.5	23.35
							3.0	20.86
				4.5	15.21			
I8	A1	Aserrín de romerillo	28 días			0		16.75
						2.0		20.88
	A2	Viruta de romerillo				4.0		25.85
						6.0		21.50
							2.0	16.17
							4.0	11.91
				6.0	10.45			
I9	A1	Viruta de eucalipto	No indica			0		26.05
						1.5		43.43
						3.0		38.09
						4.5		50.77
I10	A1	Fibra de pino	28			0		42.75
						2.5		35.65
						5.0		34.68
						7.0		28.95

Nota. "I" investigación, "A1 y A2" porcentaje de aditivo según corresponda"

ANEXO N° 4. Cálculo de valores para la elección de porcentajes de los aditivos.

Tabla 18.

Porcentaje de ceniza según valor mínimo de resistencia a compresión

		Investigaciones				
Muestra	Unidades	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05
M_o	$f'c$ (kg/cm ²)	9.50	16.24	12.62	12.84	24.70
$M_o + \%C$	Porcentaje	3 %	0 %	0 %	5 %	4.5 %
	$f'c_{mín.}$ (kg/cm ²)*	11.59	16.24	12.62	14.63	28.76
Media del porcentaje según el $f'c_{mín.}$		2.5		Valor seleccionado		3 %
Variación porcentual % de $f'c$ y $f'c_{mín.}$		22.00	0.00	0.00	13.94	16.44
Media de la variación porcentual						10.48 %

 Nota: (*) Valor mínimo de $f'c$ obtenido de una muestra patrón más un porcentaje de ceniza

Tabla 19.

Porcentaje de ceniza según valor máximo de resistencia a compresión

		Investigaciones				
Muestra	Unidades	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05
M_o	$f'c$ (kg/cm ²)	9.50	16.24	12.62	12.84	24.70
$M_o + \%C$	Porcentaje	10 %	0 %	0 %	10 %	3.0 %
	$f'c_{máx.}$ (kg/cm ²)*	15.00	16.24	12.62	16.37	31.61
Media del porcentaje según el $f'c_{máx.}$		4.6		Valor seleccionado		5 %
Variación porcentual % de $f'c$ y $f'c_{máx.}$		57.89	0.00	0.00	27.49	27.98
Media de la variación porcentual						22.67 %

 Nota: (*) Valor máximo de $f'c$ obtenido de una muestra patrón más un porcentaje de ceniza.

Tabla 20.

Porcentaje promedio de ceniza según la resistencia a compresión

Variación porcentual (Media)		Valores (%)	Promedio
Ceniza de carbón	Mín.	10.48	16.57 %
	Máx.	22.67	

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje máximo y mínimo para la ceniza de carbón.

Tabla 21.

Porcentaje de aserrín según valor mínimo de resistencia a compresión

Muestra	Unidades	Investigaciones				
		I-06	I-07	I-08	I-09	I-10
M_o	$f'c$ (kg/cm ²)	22.22	26.23	16.75	26.05	42.75
$M_o + \%A$	Porcentaje	5 %	1.5 %	2 %	3 %	0 %
	$f'c_{mín.}$ (kg/cm ²)*	27.38	30.14	20.88	38.09	42.75
Media del porcentaje según el $f'c_{mín.}$		2.32		Valor seleccionado		2 %
Variación porcentual % de $f'c$ y $f'c_{mín.}$		23.22	14.91	24.66	46.22	0.00
Media de la variación porcentual						21.80 %

Nota: (*) Valor mínimo de $f'c$ obtenido de una muestra patrón más un porcentaje de ceniza.

Tabla 22.

Porcentaje de aserrín según valor máximo de resistencia a compresión

Muestra	Unidades	Investigaciones				
		I-06	I-07	I-08	I-09	I-10
M_o	$f'c$ (kg/cm ²)	22.22	26.23	16.75	26.05	42.75
$M_o + \%A$	Porcentaje	3%	4.5%	4%	4.5%	0%
	$f'c_{máx.}$ (kg/cm ²)*	30.25	35.67	25.85	50.77	42.75
Media del porcentaje según el $f'c_{máx.}$		3.2		Valor seleccionado		3 %
Variación porcentual % de $f'c$ y $f'c_{máx.}$		36.14	35.99	54.33	94.89	0.00
Media de la variación porcentual						44.27 %

Nota: (*) Valor máximo de $f'c$ obtenido de una muestra patrón más un porcentaje de aserrín de madera,

Tabla 23.

Porcentaje promedio de aserrín de madera - resistencia a compresión

Variación porcentual (Media)	Valores (%)	Promedio
Aserrín de madera	Mín.	21.80
	Máx.	44.27
		33.04 %

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje máximo y mínimo para el aserrín de madera.

Tabla 24.

Elección del porcentaje para hipótesis según antecedentes

Promedio de los (%) de ceniza y aserrín	24.80 %
Valor seleccionado para hipótesis	25 %

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje seleccionado de acuerdo a los antecedentes.

ANEXO N° 5. Elección de cantera en Cajamarca según las investigaciones seleccionadas

 Tabla 25.
Investigaciones seleccionadas para elección de cantera

Código	Nombre de la cantera	Ubicación		Título de la investigación
		Distrito	Caserío	
I-1	Cantera Maraypampa	Tumbadén	Maraypampa	Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca.
I-2	Cantera Santa Bárbara	Baños del Inca	Santa Bárbara Alta	Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho
I-3	Cantera adobera Cruz Blanca	Cajamarca	Chinchimarca	Análisis de la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal en la ciudad de Cajamarca
I-4	Cantera de la Cruz Blanca	Cajamarca	Chinchimarca	Influencia de la fibra vegetal ichu en la resistencia de adobes estabilizados con cal al 20%
I-5	Cantera Cruz Blanca	Cajamarca	Cruz Blanca	Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de tres porcentajes (1.5%, 3.0%, 4.5%) de viruta metálica
I-6	Cantera La Fortuna	Cajamarca	Cajamarca	Comparación de la resistencia a flexión y compresión de un adobe convencional y otros en forma de arco y trapezoidal
I-7	Cantera Cruz Blanca	Cajamarca	Cruz Blanca	Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con reemplazo de cerámica triturada
I-8	Cantera Aylanbo Bajo	Cajamarca	Aylanbo Bajo	Propiedades mecánicas del adobe compactado tradicional y el adobe compactado con ceniza de biomasa arbórea.
I-9	Cantera Shaullo Chico	Baños del Inca	Shaullo Chico	Propiedades mecánicas y absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca, Cajamarca 2018
I-10	Cantera El Álamo	Cajamarca	Cerrillo	Resistencia a flexión, compresión y grado de absorción del adobe compactado, con 2%, 4% y 6% de cal hidratada, distrito de Baños del Inca, Cajamarca 2018

Nota. Esta tabla muestra las distintas canteras de las investigaciones seleccionadas.

ANEXO N° 6. Datos de ensayos de mecánica de suelos de canteras en Cajamarca de acuerdo a las investigaciones seleccionadas

Tabla 26.

Datos de ensayos de mecánica de suelos de investigaciones seleccionadas

Cód.	Contenido de humedad	Granulometría		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	Clasificación de suelos
		Arena	Limo				
		Wprom (%)	% que pasa				
		N°4	N°200				
I-1	5.11	98.88	55.22	48.00	27.56	20.44	CL
I-2	11.13	58.20	41.80	32.00	22.00	10.00	SC
I-3	4.58	63.87	36.13	18.00	15.00	3.00	SM
I-4	3.85	100	34.88	26.00	12.28	13.72	SC
I-5	12.86	86.90	52.40	13.32	12.01	1.30	-
I-6	18.40	83.30	7.84	26.00	17.30	8.70	SC
I-7	9.41	98.28	46.02	36.08	23.20	12.88	SC
I-8	6.60	-	>50	36.10	21.52	14.58	CL
I-9	13.93	98.40	29.56	28.02	16.25	11.77	SC
I-10	23.61	98.80	37.82	45.64	19.74	25.91	-

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los ensayos de las investigaciones

Tabla 27.

Clasificación de material según % que pasa

Grava	Arena		Limo y arcilla
	Gruesa	Media	
	Fina		
N°4	N°10	N°40	N°200

Nota. Esta tabla muestra la gradación del suelo

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

ANEXO N°7. Elección de cantera

Elección de cantera según el tipo de suelo de las investigaciones seleccionadas:

Tabla 28.

Clasificación según gradación de arena (% que pasa por la malla N°4)

Orden descendente del (%) de arena más adecuado según E.080										
N°4	58.20	63.87	83.30	86.90	98.28	98.40	98.80	98.88	100	-
Orden	I-2	I-3	I-6	I-5	I-7	I-9	I-10	I-1	I-4	I-8
Elección de cantera según investigación						I-7				

Nota. La investigación I-8 no se está considerando para elección de cantera, debido a que no presenta dato del porcentaje que pasa en el tamiz N°4.

Tabla 29.

Clasificación según gradación de arcilla y limo (% que pasa por la malla N°200)

Orden descendente del (%) de arcilla y limo más adecuado según E.080										
N°200	29.56	34.88	36.13	37.82	41.80	46.02	>50	52.40	55.22	7.84
Orden	I-9	I-4	I-3	I-10	I-2	I-7	I-8	I-5	I-1	I-6
Elección de cantera según investigación						I-2				

Nota. La investigación I-8 no se está considerando para elección de cantera, debido a que no presenta dato del porcentaje que pasa en el tamiz N°4.

Tabla 30.

Elección de cantera para tesis según clasificación media

Elección de cantera según investigación	Opción 1	Opción 2
Según % de arena	I-7	-
Según % de arcilla y limo	I-2	-

Nota. Esta tabla muestra las dos opciones para la elección de la cantera.

Tabla 31.

Elección de cantera

Investigación	I-2
Nombre de la cantera	Cantera Santa Bárbara
Ubicación de cantera	Baños del Inca
Caserío	Santa Bárbara

Nota. Esta tabla muestra la cantera seleccionada.

ANEXO N° 08. Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 32.

Matriz de operacionalización de variables

Título	Objetivos	Pregunta	Variables	Definición Conceptual	Indicadores	Métodos
Resistencia a compresión del adobe estabilizado incorporando ceniza de carbón y aserrín de madera, Cajamarca 2022.	Principal: *Determinar la resistencia a compresión del adobe estabilizado incorporando ceniza de carbón y aserrín de madera.	¿Cuál es la resistencia a compresión del adobe estabilizado incorporando ceniza de carbón y aserrín de madera?	Independiente Resistencia de la compresión	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Elaboración de adobes	Ensayos de mecánica de suelos: -Ensayo de granulometría por lavado. -Contenido de humedad. -Proctor modificado. -Límite de atterberg.
	Secundarios: *Determinar las propiedades físicas del suelo. *Elaborar adobes incorporando 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera. *Comparar la resistencia a compresión de los adobes incorporando 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera.	Hipótesis La adición de un porcentaje 3% y 5% de ceniza de carbón y 2% y 3% de aserrín de madera aumenta en un 25% la resistencia a compresión frente al adobe tradicional	Dependiente Ceniza de carbón Aserrín de madera	Es el residuo de la combustión de un elemento. Es el desperdicio que se genera cuando la madera es aserrada.	Adobes con 3 % y 5% de ceniza de carbón Adobes con 2 % y 3% de aserrín de madera	Ensayo de esfuerzos admisibles: -Resistencia a compresión de la unidad. Ensayo de esfuerzos admisibles: -Resistencia a compresión de la unidad.

Nota. Esta tabla muestra la descripción de las variables independientes y dependientes.

Anexo N° 09. Procesamiento de datos en gabinete.

Clasificación del suelo

- Más del 50% de la muestra de suelo pasa por la malla N°200 corresponde a un suelo grano fino.
- Límite líquido menor de 50%, son limos y arcillas.
- De acuerdo a la carta de plasticidad pertenece a CL: arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.

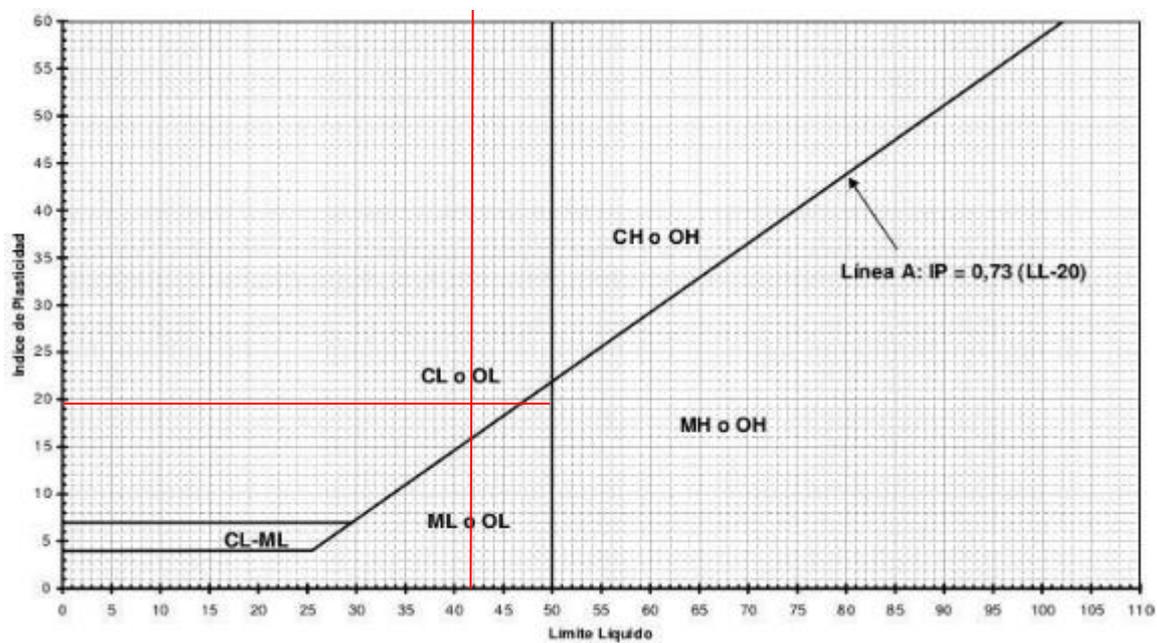


Figura 7 Clasificación de suelo

Anexo N°10. Resultados de ensayos a compresión

Tabla 33.

Resumen de resistencia a compresión de adobe convencional

N°	Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)
1	Adobe convencional	8711	39.08	8.25
2	Adobe convencional	7862	36.55	8.04
3	Adobe convencional	8520	38.27	7.13
4	Adobe convencional	8787	40.29	9.35
5	Adobe convencional	8764	40.37	9.43
6	Adobe convencional	9171	41.67	7.28
7	Adobe convencional	8622	39.34	8.07
8	Adobe convencional	8526	38.86	7.21
9	Adobe convencional	7601	34.16	7.36
10	Adobe convencional	8732	39.02	7.24
11	Adobe convencional	7771	36.60	8.22
12	Adobe convencional	8284	38.57	6.57
	Promedio	8446	38.57	7.85

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los 12 adobes convencionales sometidos al ensayo de resistencia a compresión.

Tabla 34.

Resumen de resistencia a compresión de adobe + 3% de ceniza de carbón

N°	Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)
1	Adobe + 3% de ceniza de carbón	14798	68.29	6.35
2	Adobe + 3% de ceniza de carbón	9220	43.89	5.58
3	Adobe + 3% de ceniza de carbón	13582	62.95	6.12
4	Adobe + 3% de ceniza de carbón	11500	54.49	4.95
5	Adobe + 3% de ceniza de carbón	10259	48.61	7.29
6	Adobe + 3% de ceniza de carbón	11545	54.03	8.16
7	Adobe + 3% de ceniza de carbón	11114	51.37	8.49
8	Adobe + 3% de ceniza de carbón	13166	59.56	5.72
9	Adobe + 3% de ceniza de carbón	11409	53.18	7.14
10	Adobe + 3% de ceniza de carbón	13004	60.30	6.90
11	Adobe + 3% de ceniza de carbón	12042	57.00	6.24
12	Adobe + 3% de ceniza de carbón	11256	51.74	6.31
	Promedio	11908	55.45	6.60

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los 12 adobes convencionales más 3% de ceniza de carbón sometidos al ensayo de resistencia a compresión.

Tabla 35.

Resumen de resistencia a compresión de adobe + 5% de ceniza de carbón

N°	Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)
1	Adobe + 5% de ceniza de carbón	5116	23.33	5.95
2	Adobe + 5% de ceniza de carbón	6199	28.11	5.67
3	Adobe + 5% de ceniza de carbón	6030	28.14	6.11
4	Adobe + 5% de ceniza de carbón	5647	27.54	5.03
5	Adobe + 5% de ceniza de carbón	5444	24.65	5.79
6	Adobe + 5% de ceniza de carbón	3358	15.40	6.07
7	Adobe + 5% de ceniza de carbón	6414	28.59	6.12
8	Adobe + 5% de ceniza de carbón	7030	31.34	7.46
9	Adobe + 5% de ceniza de carbón	6545	28.99	8.09
10	Adobe + 5% de ceniza de carbón	4491	19.29	5.87
11	Adobe + 5% de ceniza de carbón	6274	28.30	6.95
12	Adobe + 5% de ceniza de carbón	6166	27.53	6.89
	Promedio	5726	25.93	6.33

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los 12 adobes convencionales más 5% de ceniza de carbón sometidos al ensayo de resistencia a compresión.

Tabla 36.

Resumen de resistencia a compresión de adobe + 2% de aserrín de madera

N°	Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)
1	Adobe + 2% de aserrín de madera	6523	28.89	7.18
2	Adobe + 2% de aserrín de madera	6139	26.52	6.69
3	Adobe + 2% de aserrín de madera	6938	31.52	7.79
4	Adobe + 2% de aserrín de madera	4991	22.44	7.22
5	Adobe + 2% de aserrín de madera	6036	26.01	7.28
6	Adobe + 2% de aserrín de madera	4330	19.95	7.15
7	Adobe + 2% de aserrín de madera	5544	24.09	7.88
8	Adobe + 2% de aserrín de madera	5502	24.93	5.23
9	Adobe + 2% de aserrín de madera	6667	29.02	7.06
10	Adobe + 2% de aserrín de madera	6392	28.81	6.57
11	Adobe + 2% de aserrín de madera	5112	22.84	8.03
12	Adobe + 2% de aserrín de madera	5578	24.10	7.80
	Promedio	5813	25.76	7.16

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los 12 adobes convencionales más 2% de aserrín de madera sometidos al ensayo de resistencia a compresión.

Tabla 37.

Resumen de resistencia a compresión de adobe + 3% de aserrín de madera

N°	Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)
1	Adobe + 3% de aserrín de madera	4715	21.00	7.64
2	Adobe + 3% de aserrín de madera	6039	26.37	10.99
3	Adobe + 3% de aserrín de madera	7089	30.96	9.06
4	Adobe + 3% de aserrín de madera	6047	26.70	9.72
5	Adobe + 3% de aserrín de madera	3885	16.79	5.60
6	Adobe + 3% de aserrín de madera	5420	23.47	10.48
7	Adobe + 3% de aserrín de madera	6778	29.42	8.39
8	Adobe + 3% de aserrín de madera	5904	26.26	8.10
9	Adobe + 3% de aserrín de madera	6838	30.99	9.11
10	Adobe + 3% de aserrín de madera	5769	26.15	8.99
11	Adobe + 3% de aserrín de madera	5408	23.95	8.82
12	Adobe + 3% de aserrín de madera	6535	28.70	9.01
	Promedio	5869	25.90	8.83

Nota. Esta tabla muestra los resultados de los 12 adobes convencionales más 3% de aserrín de madera sometidos al ensayo de resistencia a compresión.

Anexo 11. Análisis de precios unitarios

Tabla 38.

Análisis de costos unitarios del adobe convencional

Partida	01.01	Adobe convencional				
Rendimiento	Und/DIA	MO: 400.00	EQ: 400.00	Costo unitario directo por: und		0.85
Descripción de recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
Operario		hh	0.5000	0.0100	13.78	0.14
Peón		hh	2.0000	0.0400	9.89	0.40
						0.53
Materiales						
Suelo		m3		0.0045	32.00	0.14
Agua		m3		0.0011	3.66	0.00
Paja		kg		0.0900	0.40	0.04
						0.18
Equipos						
Herramientas manuales		%mo		3%	0.53	0.02
Máquina Cinva Ram		hm	1.0000	0.0200	6.05	0.12
						0.14

Nota. Esta tabla muestra el costo para elaborar un adobe convencional.

Tabla 39.

Análisis de costos unitarios del adobe convencional + 3% de ceniza de carbón

Partida	01.02	Adobe convencional + 3% de ceniza de carbón				
Rendimiento	Und/DIA	MO: 400.00	EQ: 400.00	Costo unitario directo por: und		0.91
Descripción de recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra						
Operario		hh	0.5000	0.0100	13.78	0.14
Peón		hh	2.0000	0.0400	9.89	0.40
						0.53
Materiales						
Suelo		m3		0.0045	32.00	0.14
Agua		m3		0.0011	3.66	0.00
Paja		kg		0.0900	0.40	0.04
Ceniza de carbón		kg		0.2700	0.20	0.05
						0.24
Equipos						
Herramientas manuales		%mo		3%	0.53	0.02
Máquina Cinva Ram		hm	1.0000	0.0200	6.05	0.12
						0.14

Nota. Esta tabla muestra el costo para elaborar un adobe convencional más 3% de ceniza de carbón.

Anexo 12. Panel fotográfico

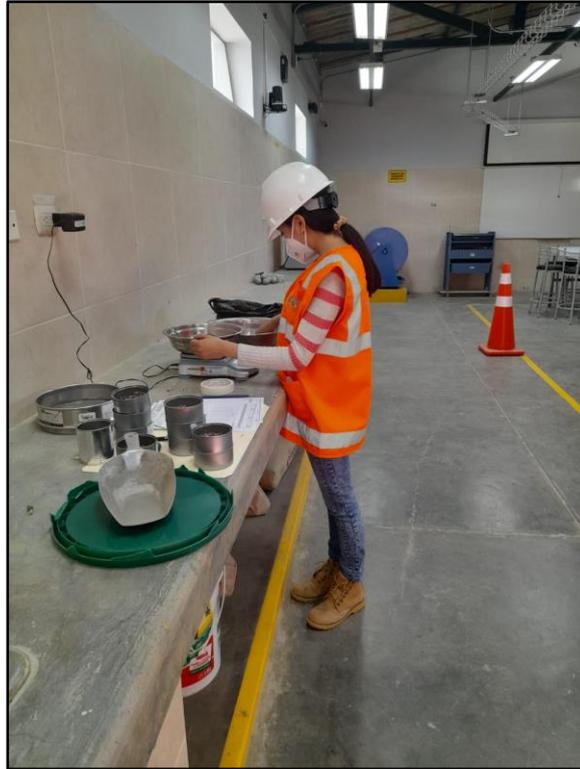


Figura 8. Realizando el ensayo de contenido de humedad



Figura 9. Realizando tamizado para el ensayo de granulometría por lavado



Figura 10. Realizando ensayo de Límites de Atterberg (índice de plasticidad)



Figura 11. Ceniza de carbón utilizada para elaborar adobes



Figura 12. Paja (ichu) y aserrín de madera para elaborar adobes



Figura 13. Realizando ensayo de Proctor Modificado



Figura 14. Elaboración de las 60 unidades de adobes



Figura 15. Verificación de la elaboración de adobes por el asesor Ing. Mario Carranza



Figura 16. Verificación de la elaboración de adobes estabilizados



Figura 17. Secado de adobes por 30 días



Figura 18. Traslado de adobes hacia la Universidad Privada del Norte



Figura 19. Realizando ensayos de compresión a los adobes



Figura 20. Ensayos de compresión a las 60 unidades de adobe



Figura 21. Asesoramiento del Ing. Mario Carranza en el ensayo de compresión

Anexo 13. Protocolos de ensayos