

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**



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

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL ADOBE
FABRICADO CON ADICIÓN DE CENIZA Y ARENA**

AUTOR:

Bach. MENDOZA LLANOS, KELVIN

ASESOR:

Ing. DÍAZ ORTIZ, EDWIN ADOLFO

CHACHAPOYAS – PERÚ

2018

DEDICATORIA:

Para mis padres Gumersindo Mendoza y Ynes Llanos, por su apoyo incondicional que me brindan siempre y el esfuerzo diario que realizan por brindarme una buena educación.

A mi esposa Yordany, a mi hija Yamileth, a mis hermanos Zunalith y Jeylin, por su aliento para culminar mis estudios universitarios.

A mi Familiares, por el apoyo incondicional y la confianza. Especialmente a mis hermanos, primos que se encuentran en el proceso de formación, que este trabajo les sirva como motivación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la vida, sabiduría e inteligencia día a día y por iluminarme durante la ejecución de este proyecto y por permitirme finalizarlo con éxito.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, quienes han contribuido significativamente en mi desarrollo profesional, en especial al Ing. Edwin Adolfo Díaz Ortiz por asesorarme durante el desarrollo y culminación de la presente investigación.

A los miembros del jurado y comisión de revisión de tesis integrada por: Dr. Manuel Emilio Milla Pino, Ing. Jorge Chávez Guivin, Arq. Rosendo Chuqui Pizarro, por sus sugerencias y recomendaciones para el mejoramiento de este trabajo.

Al laboratorio de suelos y concreto DIAZ ARIAS INGENIEROS, al Ing. Néstor Alfonso Díaz Arias por haberme abierto las puertas para realizar los ensayos de nuestra investigación.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui

RECTOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. Flor Teresa García Huamán

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, M.Sc. Edwin Adolfo Díaz Ortiz identificado con el DNI: 26602621 con domicilio legal en el Jr. Santo Domingo N°756, M.Sc. En Ciencias actualmente adscrito a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, doy fe y el visto bueno a la tesis titulada “EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL ADOBE FABRICADO CON ADICIÓN DE CENIZA Y ARENA” Impulsada y desarrollada por el tesista KELVIN MENDOZA LLANOS, para que sea sometida a revisión del Jurado Evaluador, comprometiéndome a supervisar y subsanar las observaciones para su aprobación y sustentación de la misma.

POR LO TANTO:

Firmo la presente en señal de conformidad.

Chachapoyas, 16 de noviembre del 2018.

Ing. Edwin Adolfo Díaz Ortiz

ASESOR

JURADO DE TESIS

Dr. MANUEL EMILIO MILLA PINO

Presidente

Ing. JORGE CHÁVEZ GUIVIN

Secretario

Arq. ROSENDO CHUQUI PIZARRO

Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo Kelvin Mendoza Llanos, identificado con DNI N° 73697276, bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

Evaluación de la resistencia del adobe fabricado con adición de ceniza y arena.

La misma que presento para optar:

El título profesional en Ingeniero Civil

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o investigación presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraran causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 16 de noviembre del 2018

KELVIN MENDOZA LLANOS

DNI. N° 73697276

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
III. RESULTADOS.....	12
IV. DISCUSIÓN.....	14
V. CONCLUSIONES.....	15
VI. RECOMENDACIONES.....	16
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
ANEXOS.....	18
Anexo 01: Resultados de ensayos de las muestras.....	18
Anexo 02: Procesamiento de datos.....	21
Anexo 03: Panel fotográfico.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Diagrama de flujo del proceso de investigación.....	11
Tabla 02: Resistencia a compresión del adobe con adición de ceniza y arena.....	12
Tabla 03: Resistencia a compresión del adobe convencional.....	12
Tabla 04: Resistencia a flexión del adobe con adición de ceniza y arena.....	13
Tabla 05: Resistencia a flexión del adobe convencional.....	13
Tabla 06: Absorción de agua del adobe con adición de ceniza y arena.....	13
Tabla 07: Absorción de agua del adobe convencional.....	14
Tabla 08: Resultados del ensayo de resistencia a compresión.....	18
Tabla 09: Resultados del ensayo de resistencia a flexión.....	19
Tabla 10: Resultados del ensayo de absorción de agua.....	20

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó en el anexo Chaquil, distrito Trita, provincia Luya y está orientada a evaluar la resistencia del adobe fabricado con adición de ceniza y arena. Debido a que las personas del lugar no cuentan con un diseño establecido según el Reglamento Nacional de Edificaciones-RNE (E-080, 2006), en consecuencia los adobes tienen baja resistencia. Por lo que se elaboraron 21 muestras de adobe convencional y 21 muestras de adobe con adición de 10% ceniza y 25% arena, las cuales fueron evaluados en resistencia a compresión, flexión y absorción. Con ayuda del programa Statistix se realizó la comparación obteniendo que la resistencia a compresión ha aumentado hasta en 64.88%, en la resistencia a flexión hubo un incremento hasta del 12.60%, en cuanto a la resistencia a la absorción de agua, se ha disminuido hasta en un 5.41% en comparación con el adobe convencional. Estadísticamente se demostró que solo el aporte a la resistencia a la compresión es significativo, la resistencia a flexión y absorción tienen un comportamiento similar en ambos tipos de adobe por tener una diferencia mínima.

Palabras clave: Resistencia, adobe, ceniza.

ABSTRACT

The present research project was carried out in the Annex Chaquil, Trita district, Luya province and is aimed at evaluating the resistance of adobe manufactured with the addition of ash and sand. Because the people of the place do not have a design established according to the National Building Regulations-RNE (E-080, 2006), consequently the adobes have low resistance. For this reason, 21 samples of conventional adobe and 21 samples of adobe were prepared with the addition of 10% ash and 25% sand, which were evaluated in compression, flexion and absorption resistance. With the help of the Statistix program, the comparison was made obtaining that the resistance to compression has increased up to 64.88%, in the resistance to flexion there was an increase up to 12.60%, in terms of resistance to water absorption, and it has decreased to at 5.41% compared to conventional adobe. Statistically it was demonstrated that only the contribution to the resistance to the compression is significant, the resistance to flexion and absorption have a similar behavior in both types of adobe to have a minimum difference.

Keywords: Resistance, adobe, ash.

I. INTRODUCCIÓN

El adobe puede ser descrito como el producto de la mezcla de arena, arcilla y fibras. Por su origen, se dispone en la mayor parte del planeta, y no se requiere una gran cantidad de energía para su producción (Goodhew & Griffiths, 2005).

Así mismo Saroza et al., (2008), adobe simple, constituido por unas adecuadas proporciones de arena, arcilla, fibra orgánica y agua.

Según la norma RNE (E.080, 2006) el adobe se define como "bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos".

En México el adobe ha sido el material más empleado para la construcción de muros en la vivienda rural, debido principalmente a su economía y facilidad de fabricación, en el Estado de Oaxaca merece especial atención el estudio de las características de la materia prima del mismo, ya que la principal causa de colapso en casas de adobes debido a los sismos es atribuible a las pobres propiedades mecánicas del material y a su deterioro por el tiempo y agentes climáticos (Rios, 2010).

Así mismo en Chile, debido a la intervención de agentes como: lluvia, viento y sismos, por ser arcillas en el mayor de los casos, tienden a mostrar afinidad por el agua, lo que reduce la resistencia mecánica, así como la desintegración de los mismos al entrar en contacto con el agua, por lo que la durabilidad de las estructuras construidas con este material es relativamente corta, ya que dichos factores propician la erosión, fisuración y agrietamiento de las piezas llevándolas al desgaste parcial o total (Alday, 2014).

Por lo que, Sánchez et al., (2000), en su estudio "Caracterización de materiales antiguos de construcción (tapial y adobe) en las iglesias de Cisneros, Villada y Boada de Campos (Palencia), para la caracterización la iglesia Boada construida con adobe se extrajo fragmentos para ser analizados mediante examen visual y con lupa binocular de 50 aumentos, además análisis mineralógicos por difracción de Rayos X, dando como resultado en esta caso el material de construcción está constituido por arena, arcilla, gran cantidad de paja, y aditivos(cenizas, huesos, etc.) cuya misión era aportar cohesión interna y evitar la retracción del secado.

También Rivera (2012) en su investigación "El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales"

donde se han clasificado las iglesias monumentales de Colombia que han sido construidas con adobe y han trabajado con “Capilla doctrinera de Tausa Vieja” para seleccionar las muestras y elección de probetas y el proceso independizado de ejecución de los distintos ensayos que caracterizan el material de tierra en el bien de interés cultural elegido. Se tomaron 27 muestras de cada iglesia para ser analizadas sus características químicas, físicas y mecánicas, así obtuvo Resultados Las propiedades mecánicas de este material estructural, están referidas en su mayoría a los ensayos realizados en el laboratorio de materiales.

- En los ensayos de compresión simple sobre unidades de adobe se obtuvo 3.04 MPa (30.40 kg/cm²).
- Un adobe totalmente estabilizado debe limitar la proporción de agua que asimila al 4% de su peso, requiriendo para ello la incorporación de un aditivo que fluctúe entre el 6 y el 12% de su peso total.

De igual manera Mantilla (2018) en su estudio “variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho” donde evaluó la variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho, en porcentajes de 2%, 3% y 5 %, los cuales fueron evaluados en resistencia a compresión, flexión y en su comportamiento a la absorción y saturación total. Así obteniendo resultados donde la resistencia a compresión alcanzó un valor máximo de 30.25 kg/cm² para los bloques de adobe con 3% de adición de viruta, en resistencia a flexión se registró un valor máximo de 8.35 kg/cm²; valores superiores a los resultados de resistencia obtenidos por el adobe tradicional. El porcentaje de absorción disminuyó hasta en 4% con la incorporación de 5% de caucho, observándose además menor desgaste de las unidades de adobe con adición de caucho en la saturación total. Concluyendo que las propiedades físico mecánicas del adobe resultan favorables, con la incorporación de viruta y caucho. Según el Censo del 2007, Más de 3,6 millones de casas en Perú, con un 47 % del total, están construidas de barro, piedra y madera, materiales que las hacen vulnerables en caso de sismos. En el Departamento de Amazonas del total de viviendas particulares con ocupantes presentes que suman 89 mil 30 viviendas, se destaca que 49 mil 909 tienen como material predominante en las paredes exteriores adobe o tapial, lo que representa el 56%; asimismo la provincia con

mayor porcentaje de viviendas en cuyas paredes exteriores predominó el adobe o tapial fue Luya con 82,4% (INEI, 2007).

Así también en Perú, en la provincia Luya, en el distrito Trita, en el anexo Chaquil las viviendas con paredes el adobe, tiene un problema debido a los pobladores elaboran los adobes con cualquier suelo (orgánico, arcilla, greda, etc.; agua; paja). En consecuencia, los adobes con el pasar del tiempo, sufren daños como fisuraciones, disgregaciones y pérdidas de materia, como también la resistencia a compresión son muy pobres, muchos de ellos no pasan los 12 kgf/cm^2 (resistencia mínima a compresión según RNE E-080, 2017).

Además, en el anexo Chaquil, el 95% de viviendas tienen como material predominante en las paredes el adobe, debido al bajo costo y a la accesibilidad del material. Los adobes en estas viviendas actúan como muros portantes además suelen tener poca resistencia y estabilidad, lo que las hace vulnerables a movimientos telúricos. Lo que se busca en la investigación es alternativas que mejoren las propiedades físico-mecánicas del adobe tradicional, como la resistencia a compresión, flexión y absorción, por lo que se propone el uso de adiciones de ceniza (provenientes de la calcinación de la madera) y arena. Materiales de fácil alcance en nuestro medio y con los que se espera mejorar el comportamiento del adobe ante esfuerzos, condiciones climáticas y reducir las fisuraciones, agrietamientos de las viviendas.

La importancia de añadir ceniza es que mejoran las propiedades físicas del adobe y la adición de arena ayuda a la cohesión interna y evita la retracción al secado (Cotrina et al., 2014).

Por ello para analizar las muestras en la siguiente investigación serán sometidas a los ensayo de resistencia a compresión, flexión y absorción, para poder planear la parte experimental e interpretar adecuadamente los resultados obtenidos.

Es así que la interrogante que sintetiza la razón de la presente investigación es: ¿Es la resistencia (Kg/cm^2) del adobe fabricado con ceniza y arena superior al adobe convencional?

Para responder esta interrogante se formula la hipótesis “la resistencia (Kg/cm^2) del adobe fabricado con ceniza y arena, es superior al adobe convencional”.

En tal sentido el objetivo general de esta investigación es evaluar la resistencia del adobe fabricado con adición de ceniza y arena, para lograrlo hemos planteado los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar los materiales con los que se elabora el adobe.
- Elaborar el adobe convencional y el adobe con adición de ceniza y arena.
- Determinar la resistencia (Kg/cm^2) del adobe convencional y del adobe con adición de ceniza y arena.
- Comparar la resistencia (Kg/cm^2) del adobe convencional y del adobe con adición de ceniza y arena.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Variables de estudio

Variables dependientes

- Resistencia del adobe.

Variables independientes

- Cantidad de ceniza.
- Cantidad de arena.
- Cantidad de suelo.

2.2. Marco metodológico

2.2.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación para este proyecto está dado por la comparación de la resistencia del adobe convencional y el adobe con adición de ceniza y arena, además se realizó una comparación con la Norma RNE E-080, 2017.



Donde 1: Resistencia del adobe
Convencional

2: Resistencia del adobe
con adición de ceniza
y arena

2.2.2. Población, muestra y muestreo:

Unidades muestrales:

- I. Para analizar la resistencia a compresión se empleará siete muestras del adobe convencional y siete muestras de adobe con adición de ceniza y arena según análisis de varianza.
- II. Para analizar la resistencia a flexión se empleará siete muestras elaborados de adobe convencional y siete muestras de adobe con adición de ceniza y arena según análisis de varianza.
- III. Para analizar la absorción de agua se empleará siete muestras elaborados de adobe convencional y siete muestras de adobe con adición de ceniza y arena según análisis de varianza.

2.2.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos y procedimientos.

Métodos:

Método inductivo: Se observó y se registró los estudios realizados en laboratorio, para hacer un adecuado análisis de la resistencia del adobe con la adición de ceniza y arena.

Método analítico: se realizó ensayos para conocer la resistencia de compresión, flexión, absorción y comparar con la Norma RNE E-080 de acuerdo al método T Student para muestras independientes.

Métodos en campo:

a. Caracterización los materiales con los que se elabora el adobe.

Para ello se realizó visita a los pobladores del anexo Chaquil, distrito Trita, provincia Luya, para consultarles con que suelo elaboran sus adobes, la cantidad y tipo de paja utilizan, además las dimensiones de sus moldes.

Para elegir el suelo arcilloso de mejor comportamiento, se tuvo que extraer muestras se suelo de cuatro canteras diferentes, para luego realizar los ensayos que indica la Norma (E-080, 2006), que son el ensayo de “Cinta de barro” y “Resistencia seca” para verificar si los suelos contienen arcilla, así obtuvimos un suelo arcilloso de mejor comportamiento.

Según los pobladores la paja que utilizan es la de trigo o cebada, que añaden en 15% - 20% de la cantidad de suelo.

Las dimensiones de los moldes utilizados en el lugar son de:

- 50 x 35 x 18 cm
- 50 x 30 x 17 cm
- 55 x 35 x 18 cm

Que no cumplen con lo que dice la Norma (E-080, 2006)

b. Pruebas para identificar el suelo arcilloso de mejor comportamiento.

Prueba de sedimentación:

Esta prueba tiene como propósito conocer de una manera clara los componentes de los suelos mediante la decantación. Se muele un poco de tierra perfectamente para colocarla en una botella, agregándole una cantidad igual de agua, se agita y se deja reposar hasta que el agua quede clara. Para acelerar la sedimentación se agrega una cucharada de sal al agua, las arenas se decantarán primero por ser las partículas más pequeñas seguidas por los limos y por último se depositarán las arcillas que son las partículas más ligeras.

Prueba “Cinta de Barro”

La elaboración de esta prueba sirve para verificar el grado de plasticidad de material. Un poco de material perfectamente molido se amasa con agua y sobre una superficie lisa se fabrica una cintilla de 20 cm. de longitud y se alza para observarla; si la cintilla se rompe a una longitud mayor de 15 cm. se trata de suelo arcilloso; si se rompe entre 5 y 15 cm. el suelo es adecuado para la fabricación de adobe convencional. Por último si la cintilla se rompe antes de 5 cm. el suelo es arenoso y podrá ser utilizado para la fabricación de adobe estabilizado con cemento.

Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

Se preparan bolitas y se dejan secar por 24 horas, luego se presiona con los dedos, si se pulveriza el suelo tiene mucha arena, si no se puede fracturar el suelo tiene mucha arcilla, si se fractura en trozos grandes no necesitan arena

c. Diseño de adobe convencional.

Una vez seleccionado el suelo arcilloso de mejor comportamiento, se procedió a diseñar el adobe convencional.

Para nuestra investigación trabajaremos con los siguientes porcentajes: suelo 100%.

Paja se usara el 20% con relación al volumen del suelo.

Las dimensiones del molde del adobe son de 30 x 30 x 10 cm, adobes cuadrados que cumple con la Norma (E-080, 2006).

La cantidad de agua será igual para los dos tipos de adobe.

d. Diseño del adobe con adición de ceniza y arena.

Una vez seleccionado el suelo arcilloso de mejor comportamiento, se procedió a caracterizar los demás materiales.

La ceniza que se utilizó para la investigación fue: la ceniza obtenida a través de la cocina a leña, debido a que la población produce la ceniza en abundancia por este método.

La arena que se utilizó para la investigación fue: la arena fina de cerro procedente de la cantera Comunda ubicado a 2 km aproximadamente del anexo Chaquil.

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. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos resistencia o durabilidad. RNE (E-080, 2006).

Para la composición de las unidades de adobe seguimos los procedimientos de la norma RNE (E-080, 2006), del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.

- El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.

- El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.
- La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m

Para nuestra investigación las dimensiones del molde del adobe fue de 30 x 30 x 10 cm, adobes cuadrados que cumple con la Norma (E-080, 2006).

Para el diseño de mezcla del adobe convencional se trabajó con las porciones que ellos elaboran sus adobes, la cantidad de paja fue 20% de cantidad de suelo.

Para el diseño de mezcla del adobe con adición de ceniza y arena se trabajó con adición de paja 20%, de arena 25% y de ceniza 10% de cantidad de suelo.

La cantidad de agua será igual para los dos tipos de adobe.

2.1. Elaboración el adobe convencional y el adobe con adición de ceniza y arena.

Para la elaboración de los adobes convencional se tuvo que picar el suelo arcilloso de mejor comportamiento, para luego humedecerlo completamente, amasarlo y agregarlo la cantidad de paja según el diseño de mezcla, seguidamente moldearlo.

Para la elaboración de los adobes con adición de ceniza y arena se tuvo que picar el suelo arcilloso de mejor comportamiento, para luego humedecerlo completamente, amasarlo, agregarlo la cantidad de paja, ceniza y arena según el diseño de mezcla, seguidamente moldearlo.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas e instrumentos.

Esta investigación se realizó a través de

- Observación: la cantidad que resisten las diferentes muestras a los ensayos en el laboratorio.
- Medición: Se tomó nota de las observaciones realizadas en el laboratorio, mediante una ficha técnica para el análisis posterior de la resistencia.
- Ficha técnica: Se utilizó la ficha técnica de las mediciones observadas.

b. Procedimiento

Para lograr los objetivos planteados en esta investigación, se ha seguido los siguientes pasos.

- a) Se eligió un suelo arcilloso de mejor comportamiento, que no debe tener piedras grandes ni materias orgánicas, por lo que debe ser tamizado usando una malla 3/8 de pulgada.
- b) El material retenido por la malla debe ser desechado, y los terrones pueden ser pulverizados.
- c) La arena se tamizó usando una malla N° 4 y la ceniza usando una malla N° 50, para luego ser llevados al lugar donde se elaboró el adobe.
- d) Con el diseño establecido se procedió a elaborar el adobe convencional y el adobe con adición de ceniza y arena.
- e) Se mezcló los materiales para el adobe convencional y adobe con adición de ceniza y arena.
- f) Se agregó agua a la mezcla hasta formar barro, revolviéndolo con una lampa. Luego se le deja dormir durante un día, para que la arcilla pueda humedecerse totalmente.
- g) Al día siguiente, se agregó paja, con una longitud no mayor que 5cm y en una proporción: de 20% del suelo, para controlar la fisuración por secado del adobe.
- h) Esta mezcla se revolvió nuevamente y si se ha secado demasiado, se agregó más agua hasta que la mezcla sea trabajable.
- i) Se seleccionó un terreno plano y limpio, cubriendo la superficie con arena fina, para que el adobe no se quede pegado.
- j) La masa de barro que cabe en las dos manos, se lanzará con fuerza al interior del molde, hasta que sobresalga del molde. Después, con una regla mojada se enrasó la superficie y se desmoldó al adobe, uno al lado del otro.
- k) Transcurridos unos 15 días, los adobes se ponen de canto uno al lado del otro, para que se sequen totalmente durante una semana.

- l) Después se les apiló, siempre protegiéndolos de la lluvia con un plástico. Pasados 28 días se trasladó al laboratorio para realizar los ensayos de resistencia.
- m) Se realizó el ensayo de resistencia compresión, flexión y absorción al adobe convencional y al adobe con adición de ceniza y arena.

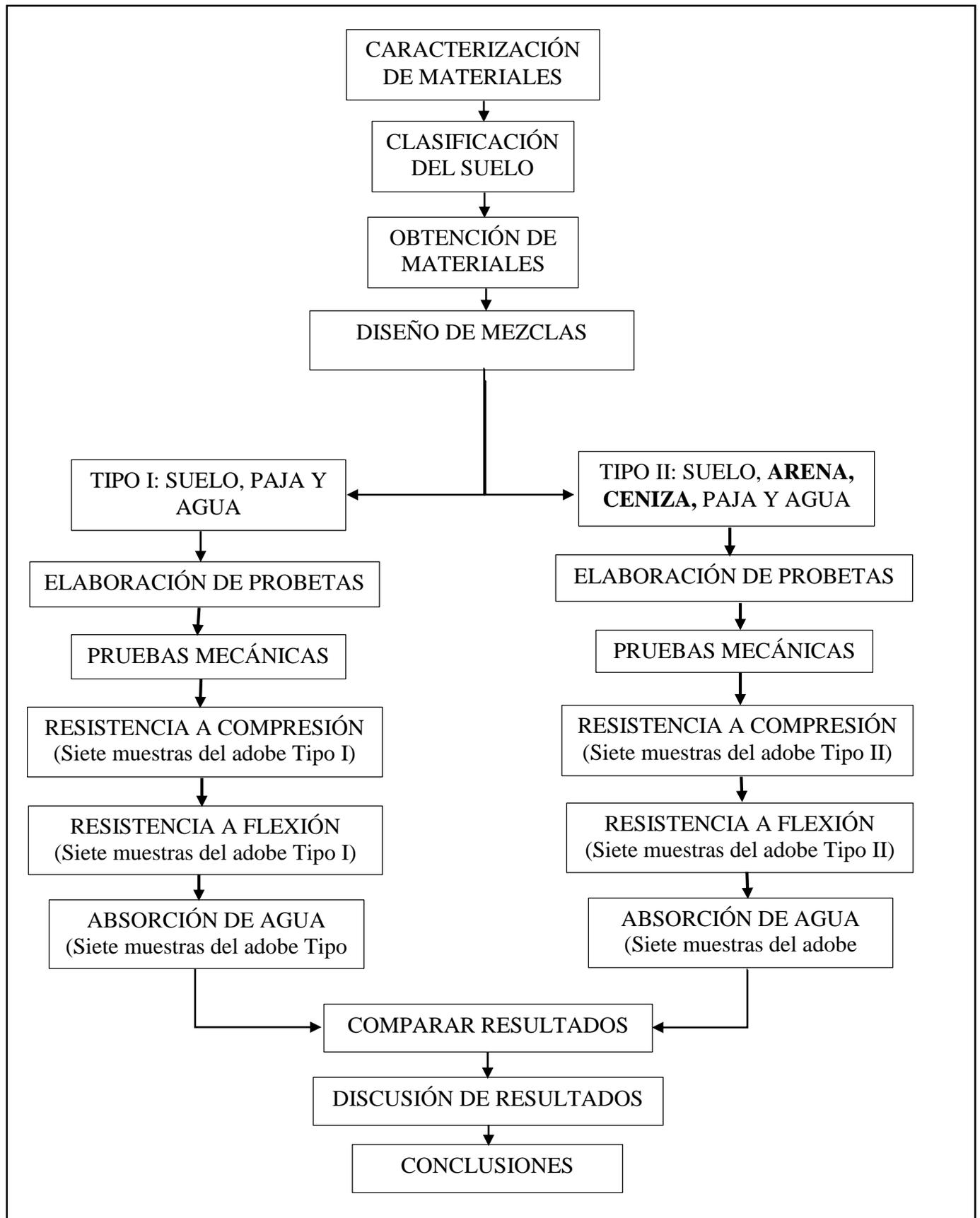


Tabla N° 1: Diagrama de flujo del proceso de investigación

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio fueron analizados de acuerdo al método T Student para muestras independientes, a objeto de determinar la existencia o no de diferencia estadísticamente significativas entre los dos tipos de adobe con respecto a la resistencia del adobe.

III. RESULTADOS

3.1. A continuación se muestran los resultados de la resistencia (Kg/cm²) del adobe convencional y del adobe con adición de ceniza y arena.

3.1.1. Resistencia a compresión.

Tabla 2. Resistencia a compresión del adobe con adición de ceniza y arena.

ESPECIMEN	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm ²)
1	18.90
2	19.91
3	16.03
4	17.48
5	21.41
6	27.01
7	21.55
PROMEDIO	20.33

Tabla 3. Resistencia a compresión del adobe convencional.

ESPECIMEN	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm ²)
1	12.16
2	20.55
3	11.46
4	10.42
5	8.58
6	10.83
7	12.19
PROMEDIO	12.33

3.1.2. Resistencia a flexión.

Tabla 4. Resistencia a flexión del adobe con adición de ceniza y arena.

ESPECIMEN	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm²)
1	3.65
2	4.59
3	5.11
4	5.94
5	3.10
6	4.54
7	5.02
PROMEDIO	4.56

Tabla 5. Resistencia a flexión del adobe convencional.

ESPECIMEN	ESFUERZO DE ROTURA (kg/cm²)
1	1.98
2	2.38
3	4.96
4	5.58
5	5.52
6	3.88
7	4.02
PROMEDIO	4.05

3.1.3. Absorción de agua.

Tabla 6. Absorción de agua del adobe con adición de ceniza y arena.

ESPECIMEN	ABSORCION (%)
1	24.47
2	26.92
3	32.24
4	23.56
5	21.24
6	34.27
7	30.56
PROMEDIO	27.61

Tabla 7. Absorción de agua del adobe convencional.

ESPECIMEN	ABSORCION (%)
1	28.57
2	28.19
3	28.96
4	30.98
5	32.39
6	26.04
7	44.51
PROMEDIO	29.19

IV. DISCUSIÓN

4.1. Resistencia del Adobe.

4.1.1. Resistencia a la compresión.

El ensayo de resistencia a la compresión se ha realizado según la Norma E-080. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de cubos de tierra.

Se observó que la adición de ceniza y arena en el adobe convencional incrementa ligeramente la resistencia a la compresión hasta un 64.88%, cuando se aplica 10% de ceniza y 25 % de arena y según el análisis de igualdad de varianza $P = 0.0034 < 0.01$ por lo que se concluye que los tratamientos son altamente significativos.

Sánchez et al., (2000), concluyeron que la iglesia Boada de Campos (Palencia) construida con adobes estaba constituido por arena, arcilla, gran cantidad de paja, y aditivos (cenizas, huesos, etc.) cuya misión era aportar cohesión interna y evitar la retracción del secado.

Rivera (2012), concluyó de la etapa de obtención del contenido porcentual de elementos químicos que, el contenido de sílice y aluminio son los de mayor presencia. Los demás elementos químicos analizados (hierro, calcio, sodio, potasio y magnesio) ocupan la fracción restante lo cual son elementos químicos de la ceniza, además en el ensayo de resistencia a la compresión obtuvieron un promedio de 30.40 kg/cm^2 (3.04 Mpa).

Mantilla (2018), concluyó que los bloques de adobe con adición de 3% de viruta incrementa ligeramente la resistencia a la compresión hasta un 36.14%.

4.1.2. Resistencia a flexión.

Se observó que la adición de ceniza y arena en el adobe convencional no incrementa resistencia a la flexión por lo que la diferencia promedio es de 0.51 kg/cm² (12.60 %) y según el análisis de igualdad de varianza $P = 0.4827 > 0.05$ por lo que se concluye que los tratamientos son iguales.

Mantilla (2018), concluyó que los bloques de adobe con adición de 3% de viruta incrementa ligeramente la resistencia a la flexión hasta un 4.25% y con la adición de 5% de caucho disminuye en 10%.

4.1.3. Absorción de agua.

Se observó que la adición de ceniza y arena en el adobe convencional no disminuye considerablemente la absorción de agua por lo que la diferencia promedio es de 1.58% (5.41 %) y según el análisis de igualdad de varianza $P = 0.4809 > 0.05$ por lo que se concluye que los tratamientos son iguales.

Mantilla (2018), concluyó que los bloques de adobe con adición de 5% de caucho disminuye ligeramente la absorción de agua hasta un 20.98% y con la adición de 5% de viruta aumenta en 17.81%.

V. CONCLUSIONES

- Los bloques de adobes con adición de ceniza y arena presentaron resistencias superiores a la especificada en la Norma E-080, lo cual indica como resistencia a compresión mínima 12 kg/cm².
- La resistencia del adobe con adición de ceniza y arena varió favorablemente, ya que la resistencia a compresión ha aumentado hasta en 64.88% en comparación al adobe tradicional.
- En la resistencia a flexión hubo un incremento hasta del 12.60%. En cuanto a la resistencia a la absorción de agua, se ha disminuido hasta en un 5.41%.
- Se demostró que solo el aporte a la resistencia a la compresión es significativo, la resistencia a flexión y absorción se comportan iguales en los dos tipos de adobe por tener un diferencia mínima.

VI. RECOMENDACIONES

A continuación se hace las siguientes recomendaciones:

- Utilizar una adición de 10% de ceniza y 25% de arena en la elaboración del adobe ya que aumenta favorablemente la resistencia a compresión, además no perjudica a la resistencia a flexión y absorción.
- Continuar investigando sobre el efecto de la adición de ceniza y arena en el adobe convencional por separado y con diferentes proporciones para analizar el comportamiento de las diferentes adiciones.
- Realizar ensayos de pilas a compresión axial, ensayo de muretes a compresión diagonal y un ensayo sísmico de un módulo, con adobes fabricados con adición del 10% de ceniza y 25% de arena, ya que dichos ensayos quedan fuera del alcance de la presente investigación y son de mucha importancia para ver su aplicación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alday, P. A. (2014). *Efecto de los estabilizadores en las propiedades físicas del Adobe* (Tesis de Pregrado). Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.
- Cotrina, A., Limay, W., y López, D. (2014). Comparación de la resistencia a la compresión de unidades de adobe sin paja con unidades de adobe con paja en cruz blanca- Cajamarca, 2(2), 1–15.
- Goodhew, S. & Griffiths, R. (2005). Sustainable earth walls to meet the building regulations. *Energy and Building* , 451-459. Volumen 37 Granger.
- INEI, Los Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.
- Mantilla, Jh. C. (2018). *Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, Norma E-0.80 Adobe, 2006), Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Primera Edición, SENCICO, Lima, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, Norma E-0.80 Adobe, 2017), *diseño y construcción con tierra reforzada*, SENCICO, Lima, Perú.
- Ríos, E. Y. (2010). *Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado* (Tesis de posgrado). Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.
- Rivera, J. C. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda :

- Sánchez, R., Suárez M. y Martín J. (2000). Caracterización de materiales antiguos de construcción (tapial y adobe) en las iglesias de Cisneros, Villada y Boada de Campos (Falencia). *Materiales de Construcción*, 50 (257), 33-45
- Saroz, B., Rodríguez, A. M., Melndez, J. M., y Barroso, I. J. (2008). Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba, 60, 41-47.

ANEXOS

ANEXO 01: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LAS MUESTRAS

Tabla 08. Resultados del ensayo de resistencia a compresión

DIAZ ARIAS INGENIEROS

NESTOR ALFONSO DIAZ ARIAS

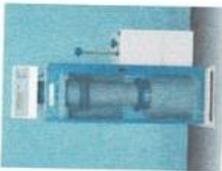
ING. CIVIL CIP N° 21362 - CONSULTOR

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

(LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892090 RPM *625827 RPC 982360835

Correo Electronico: nestordia433@hotmail.com - CHACHAPOYAS



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE ADOBE (NORMA ASTM C - 39 Y ASSTHO T - 22)

PRENSA PARA CONCRETO AYA INSTRUMENT DIGITAL , TIPO/MODELO STYE - 2000 SERIE 120640, NORMALIZADO, CERTIFICADO DE CALIBRACION FT - LF - 015 - 2017
 PROYECTO: RESISTENCIA DEL ADOBE COMPRESION SIMPLE

SOLICITANTE: KELVIN MENDOZA LLANOS

23/09/2018

ENSAJO	DATOS DEL ADOBE													
	PROCEDENCIA (1)	FECHA DE ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	AREA META (cm ²)	PESO (Kg)	Resistencia del ensayo (Kg)	RESISTENCIA DEL ADOBE (kg/cm ²)			
1	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.1	8.10	7.7	66	505	66	984.30	1240	18.90			
2	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.2	7.90	8.1	65	525	65	997.50	1290	19.91			
3	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.4	7.80	8.0	66	524	66	965.40	1050	16.03			
4	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	9.0	7.50	8.8	68	594	68	1.170.60	1180	17.48			
5	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	9.0	8.50	9.0	77	689	77	1.250.80	930	12.16			
6	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.1	8.00	7.5	65	486	65	955.70	1750	27.01			
7	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.0	7.60	8.0	61	486	61	943.80	1310	21.55			
8	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.9	8.50	7.6	76	575	76	1.025.80	1620	21.41			
9	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	7.6	7.30	7.0	55	388	55	754.80	1140	20.55			
10	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.5	7.60	8.5	65	549	65	1.008.80	740	11.46			
11	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.0	7.80	8.2	62	512	62	926.40	650	10.42			
12	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	8.3	8.00	8.0	66	531	66	916.70	570	8.58			
13	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	7.5	8.00	7.5	60	450	60	830.40	650	10.83			
14	ADOBE CHICO EN CUBO	23/09/2018	7.8	8.10	8.0	63	505	63	922.50	770	12.19			

DIAZ ARIAS INGENIEROS
 Nestor Alfonso Diaz Arias
 ING. CIVIL CIP-21362

RESPONSABLE DEL ENSAYO

SOLICITANTE

NOTA: LOS ADOBES, (1) PROCEDENCIA FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

Tabla 09. Resultados del ensayo de resistencia a flexión

DIÁZ ARIAS INGENIEROS

NESTOR ALFONSO DIÁZ ARIAS

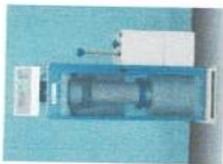
ING. CIVIL CIP N° 21362 - CONSULTOR

ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

(LABORATORIO)

Jr. Libertad N° 1309 Cel. 941892080 RPM *625627 RPC 982360835

Correo Electronico: nestor4433@hotmail.com - CHACHAPOYAS



ENSAYO DE FLEXION DE ADOBE (NORMA ASTM C - 39 Y ASSTHO T - 22)

PRENSA PARA CONCRETO AYA INSTRUMENT DIGITAL , TIPO MODELO STYE - 2000 SERIE 120640, NORMALIZADO, CERTIFICADO DE CALIBRACION FT - LF - 015 - 2017
 PROYECTO: RESISTENCIA DEL ADOBE, EN FLEXION

SOLICITANTE: KELVIN MENDOZA LLANOS

ENSAJO	DATOS DEL ADOBE													Resistencia del ensayo (Kg)	RESISTENCIA DEL LADRILLO (Kg/cm ²)
	(1) PROCEDENCIA	FECHA DE ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	AREA NETA (cm ²)	PESO (Kg)						
1	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.00	8.0	625	5000	625	9.033	240	3.65				
2	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.5	26.00	8.2	663	5437	663	9.021	330	4.59				
3	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.1	25.00	8.5	628	5334	628	9.458	380	5.11				
4	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.50	8.5	638	5419	638	9.636	450	5.94				
5	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.5	26.00	8.5	663	5636	663	9.270	240	3.10				
6	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.20	8.5	630	5355	630	9.775	340	4.54				
7	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.30	8.3	633	5250	633	9.493	360	5.02				
8	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.50	8.5	638	5419	638	8.752	150	1.98				
9	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.20	9.0	630	5670	630	9.460	200	2.38				
10	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.8	26.00	9.0	671	6037	671	8.963	430	4.96				
11	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.5	25.30	8.9	645	5742	645	9.151	460	5.58				
12	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.0	25.00	9.0	625	5625	625	9.536	460	5.52				
13	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.5	25.00	9.5	638	6056	638	9.162	360	3.88				
14	ADOBE CUADRADO	23/09/2018	25.5	25.40	9.0	648	5829	648	9.139	340	4.02				

23/09/2018

SOLICITANTE

RESPONSABLE DEL ENSAYO

DIÁZ ARIAS INGENIEROS
 Nestor Alfonso Díaz Arias
 ING. CONSULTOR
 ING. CIVIL CIP N° 21362

NOTA: LOS ADOBES, (1) PROCEDENCIA FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

Tabla 10. Resultados del ensayo de absorción de agua.

E&S INGENIERÍA Y SERVICIOS MÚLTIPLES EIRL
EDWIN ADOLFO DÍAS ORTIZ

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA DEL ADOBE

PROYECTO: RESISTENCIA DEL ADOBE

SOLICITANTE: KELVIN MENDOZA LLANOS

24/09/2018

ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA NETA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	PESO SECO (cm)	PESO SATURADO (cm)	ABSORCIÓN (%)
1	adobe con adición	24/09/2018	25.40	26.30	9.00	668.02	6012.18	9.462	11.777	24.47
2	adobe con adición	24/09/2018	26.00	26.20	8.50	681.20	5790.20	9.178	11.649	26.92
3	adobe con adición	24/09/2018	25.50	25.80	9.50	657.90	6250.05	9.155	12.107	32.24
4	adobe con adición	24/09/2018	25.80	26.00	9.30	670.80	6238.44	9.558	11.810	23.56
5	adobe con adición	24/09/2018	26.50	26.20	8.80	694.30	6109.84	9.658	11.709	21.24
6	adobe con adición	24/09/2018	26.00	26.20	8.60	681.20	5858.32	8.950	12.017	34.27
7	adobe con adición	24/09/2018	26.20	26.00	9.40	681.20	6403.28	9.015	11.770	30.56
8	adobe convencional	24/09/2018	25.80	25.90	9.10	668.22	6080.80	9.112	11.715	28.57
9	adobe convencional	24/09/2018	25.50	25.80	8.70	657.90	5723.73	9.423	12.079	28.19
10	adobe convencional	24/09/2018	26.20	26.10	8.50	683.82	5812.47	9.157	11.809	28.96
11	adobe convencional	24/09/2018	26.00	26.20	8.80	681.20	5994.56	9.217	12.072	30.98
12	adobe convencional	24/09/2018	26.00	25.80	9.20	670.80	6171.36	8.825	11.683	32.39
13	adobe convencional	24/09/2018	25.80	26.20	9.50	675.96	6421.62	9.618	12.123	26.04
14	adobe convencional	24/09/2018	26.10	25.90	8.80	675.99	5948.71	8.205	11.857	44.51

RESPONSABLE DEL ENSAYO

Edwin Adolfo Díaz Ortiz
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 41396

ANEXO 02: PROCESAMIENTO DE DATOS

Statistix 8.0
04:51:50 p.m.

08/11/2018,

RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

Two-Sample T Tests for RC by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	N	SD	SE
1	20.327	7	3.5616	1.3462
2	12.333	6	4.2027	1.7158
Difference	7.9938			

Null Hypothesis: difference = 0
Alternative Hyp: difference <> 0

Assumption	T	DF	P	95% CI for Difference	
				Lower	Upper
Equal Variances	3.72	11	0.0034	3.2595	12.728
Unequal Variances	3.67	9.9	0.0044	3.1292	12.858

Test for Equality of Variances	F	DF	P
	1.39	5,6	0.3457

Cases Included 13 Missing Cases 1

RESISTENCIA A FLEXION.

Two-Sample T Tests for RF by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	N	SD	SE
1	4.5643	7	0.9469	0.3579
2	4.0500	6	1.5769	0.6438
Difference	0.5143			

Null Hypothesis: difference = 0
Alternative Hyp: difference <> 0

Assumption	T	DF	P	95% CI for Difference	
				Lower	Upper
Equal Variances	0.73	11	0.4827	-1.0439	2.0725
Unequal Variances	0.70	7.9	0.5050	-1.1866	2.2151

Test for Equality of Variances	F	DF	P
	2.77	5,6	0.1232

Cases Included 13 Missing Cases 1

ABSORCION DE AGUA.

Two-Sample T Tests for A by TRATAMIEN

TRATAMIEN	Mean	N	SD	SE
1	27.609	7	4.8616	1.8375
2	29.188	6	2.2273	0.9093
Difference	-1.5798			

Null Hypothesis: difference = 0

Alternative Hyp: difference <> 0

Assumption	T	DF	P	95% CI for Difference	
				Lower	Upper
Equal Variances	-0.73	11	0.4809	-6.3454	3.1859
Unequal Variances	-0.77	8.7	0.4614	-6.2443	3.0848

Test for Equality	F	DF	P
of Variances	4.76	6,5	0.0538

Cases Included 13 Missing Cases 1

ANEXO 03: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 1. Prueba de “sedimentación”



Figura 2. Prueba de “cintilla” o “rollito”



Figura 3. Prueba “Presencia de arcilla”

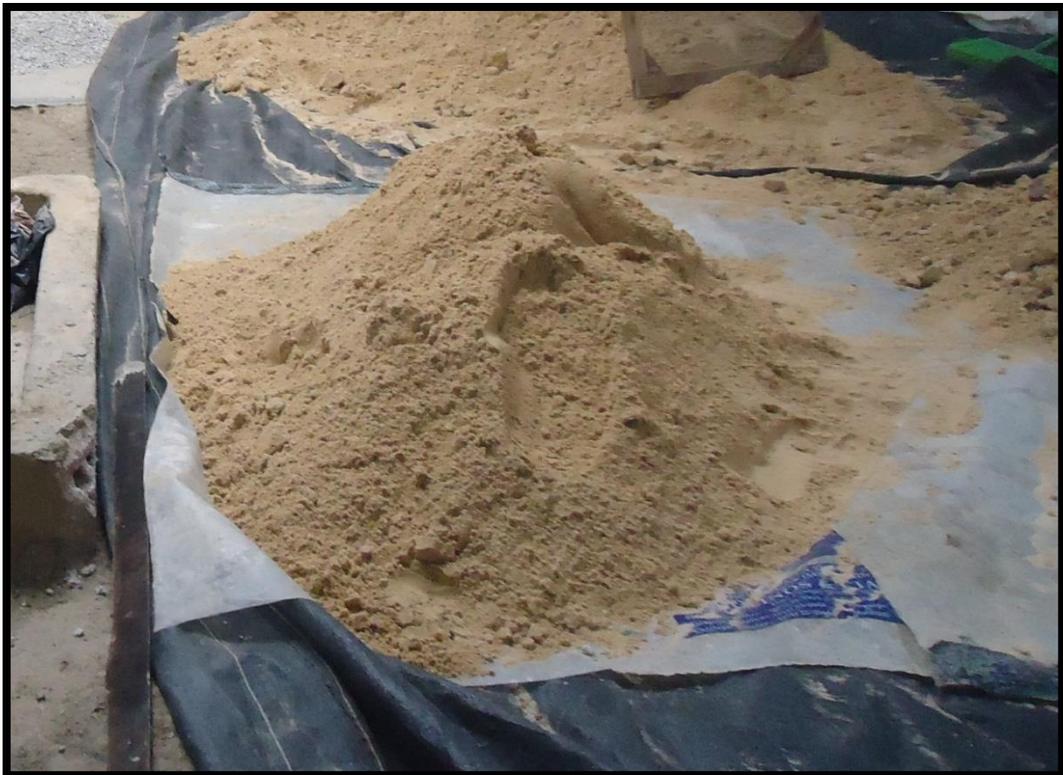


Figura 4. Arena fina zarandeada para el mezclado con el barro.



Figura 5. Ceniza zarandeada para el mezclado con el barro.



Figura 6. Mezcla de ceniza y arena para el mezclado con el barro.



Figura 7. Cortado de paja para el mezclado con el barro.



Figura 8. Preparación del barro (mezcla suelo – agua).



Figura 9. Adobera de madera para la elaboración de adobes.



Figura 10. Mezclado de barro, paja, arena y ceniza (adobe con adición de ceniza y arena).



Figura 11. Mezclado de barro y paja (adobe convencional).



Figura 12. Colocación de la mezcla en la adobera.



Figura 13. Muestras de adobe en proceso de secado.



Figura 14. Cortado de cubos para el ensayo de resistencia a compresión.



Figura 15. Ensayo de resistencia a compresión de los cubos de adobe.

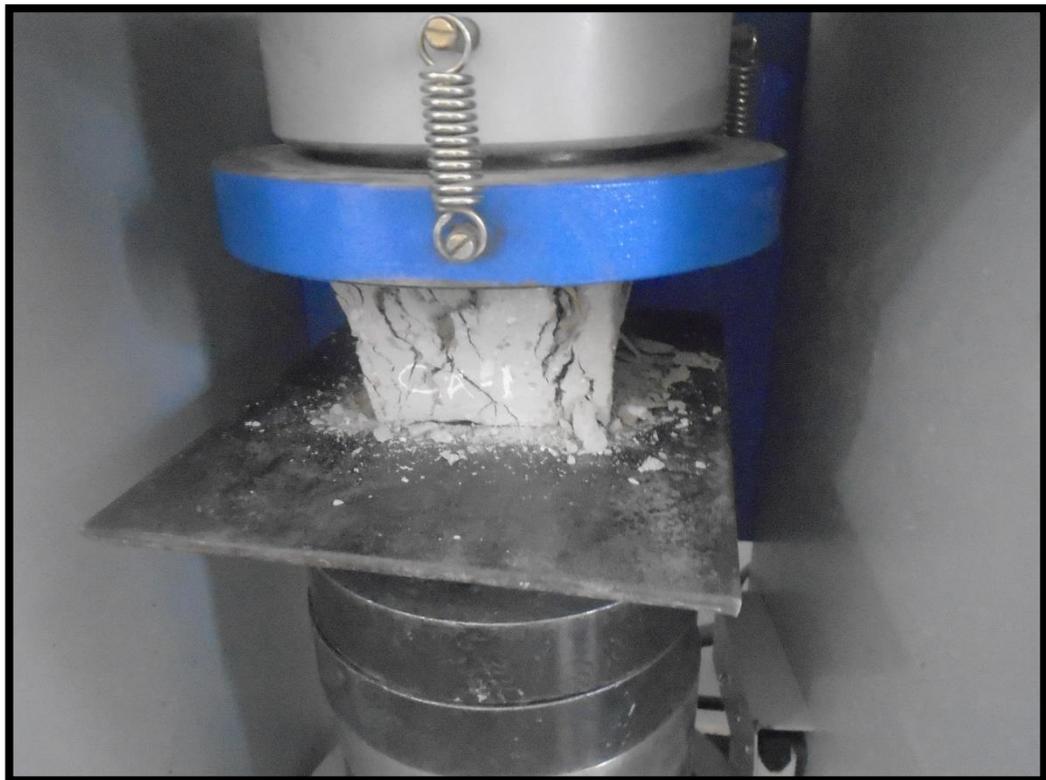


Figura 16. Cubo de adobe luego de ser sometido al ensayo de resistencia a compresión.



Figura 17. Ensayo de resistencia a flexión de las muestras de adobe.



Figura 18. Muestras de adobe sumergidos en agua para el ensayo de absorción.



Figura 19. Muestras de adobe después de transcurrir 24 horas sumergidos en agua.