



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EFECTO DE TRES PORCENTAJES DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL ADOBE COMPACTADO”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Diego Eduardo Gutiérrez Chávarry

Asesor:

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca - Perú

2019

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo que siempre me han brindado en toda esta etapa de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A toda mi familia por el apoyo y a mi asesor por la orientación brindada.

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTO.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	6
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
2.6. Aspectos éticos:.....	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS	33
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	39
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.....	22
Tabla N°2: Coordenadas UTM de la cantera Agopampa Baja.....	24
Tabla N°3: Especificaciones técnicas para el ensayo de proctor modificado en sus distintos métodos.....	31
Tabla N°4: Etapa I: Elaboración de adobes sin adición de fibra nylon de cáñamo.....	33
Tabla N°5: Etapa II: Elaboración de adobes con adición de fibra nylon de cáñamo.....	34
Tabla N°6: Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (muestra de control).....	36
Tabla N°7: Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (0.3% de adición de fibra nylon de cáñamo)	37
Tabla N°8: Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (0.5% de adición de fibra nylon de cáñamo).....	37
Tabla N°9: Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (0.7% de adición de fibra nylon de cáñamo).....	37
Tabla N°10: Resultados generales – resistencia a la compresión de especímenes	38
Tabla N°11: Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (muestra de control)	39
Tabla N°12: Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (0.3% de adición de fibra nylon de cáñamo)	39
Tabla N°13: Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (0.5% de adición de fibra nylon de cáñamo)	40
Tabla N°14: Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (0.7% de adición de fibra nylon de cáñamo)	41
Tabla N°15: Resultados generales – resistencia a la flexión de especímenes.....	41
Tabla N°16: Características técnicas de la fibra nylon de cáñamo.....	51
Tabla N°17: Ficha técnica de la fibra nylon de cáñamo	51

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica N° 1: Resumen – Resistencia a la compresión de adobes compactados elaborados en la máquina CINVA RAM38

Gráfica N°2: Resumen – Resistencia a la flexión de adobes compactados elaborados en la máquina CINVA RAM40

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Lugar de extracción del material (Agopampa Baja).....	52
Fotografía N° 2: Ensayo de granulometría por sifonaje.....	52
Fotografía N° 3: Ensayo de granulometría por lavado.....	53
Fotografía N° 4: Pesaje de las taras del ensayo de contenido de humedad.....	53
Fotografía N° 5: Ensayo de límite líquido.....	54
Fotografía N° 6: Ensayo de límite plástico.....	54
Fotografía N° 7: Visita del asesor en el ensayo de proctor modificado (método A)....	55
Fotografía N° 8: Realizando los adobes en la máquina CIMVA RAM.....	55
Fotografía N° 9: Adobes en proceso de secado natural de 28 días.....	56
Fotografía N° 10: Adobes colocados en laboratorio para ser ensayados	56
Fotografía N° 11: Medición de los adobes antes de ser ensayados.....	57
Fotografía N° 12: Rotura de adobes en el ensayo de flexión.....	57
Fotografía N° 13: Visita del asesor en el ensayo de compresión.....	58
Fotografía N° 14: Ensayo de absorción.....	58
Fotografía N° 15: Adobe desecho después de estar 3 horas sumergido.....	59
Fotografía N° 16: Adobe con 0.3% de incorporación de fibra nylon de cáñamo antes de ser sumergido en agua.....	59
Fotografía N° 17: Adobe con 0.3% de incorporación de fibra nylon de cáñamo después de ser sumergido en agua.....	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 18: Contenido de humedad.....	25
Ecuación N° 19: Porcentajes de pesos retenidos.....	26
Ecuación N° 20: Porcentaje que pasa en cada tamiz.....	26
Ecuación N° 21: Densidad seca (Ds).....	31
Ecuación N° 5: Resistencia a la compresión.....	32
Ecuación N° 6: Resistencia a la flexión.....	32

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal analizar la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7%. Para ello se realizó ensayos de laboratorio en los que se determinó las propiedades físicas del suelo como también los ensayos de rotura para determinar la resistencia a compresión y flexión del adobe compactado. Los resultados mostraron que los adobes compactados con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentaje 0.3%, 0.5% y 0.7%, obtuvieron una resistencia a compresión de 27.30 kg/cm², 35.35 kg/cm² y 46.81 kg/cm² respectivamente, aumentando en un 151.84%, 226.01% y 331.82% respectivamente, con respecto al valor encontrado para la muestra de control que fue de 10.84 kg/cm². En cuanto a la resistencia a flexión, la incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentaje 0.3%, 0.5% y 0.7%, se obtuvo una resistencia de 41.63 kg/cm², 28.18 kg/cm² y 32.60 kg/cm² respectivamente, aumentando en un 74.84%, 18.35% y 36.92% respectivamente con respecto a la muestra de control que fue de 23.81 kg/cm², y con respecto a la hipótesis se demuestra que se ha superado altamente el aumento de 15%, 20% y 25% de resistencia a compresión y flexión respectivamente.

Palabras clave: adobe compactado, compresión, flexión, absorción, CIMVA RAM

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El adobe como material de construcción posee las ventajas de una tecnología simple además de poca inversión (Blondet et al., 2003). El adobe es un material cuya utilización fue muy destacada y tuvo un desempeño satisfactorio debido a todas las características, propiedades y beneficios que éste proporciona; sin embargo, sufre degradación provocada por el clima que comprometen las propiedades físicas y mecánicas de las piezas de adobe (Serrano, Barreneche, & Cabeza, 2016). El refuerzo en el adobe que conforma la mampostería de edificios se vuelve de gran importancia en la rehabilitación y seguridad estructural de las construcciones. En función a ello, es importante asegurar un adecuado comportamiento del adobe y es posible definir acerca de la conveniencia de la recuperación de este material en la construcción y proponer el refuerzo de la misma como medida de seguridad y confiabilidad.

De todo el mundo, casi el 30% de su población vive en construcciones de tierra (Rael, 2009). Alrededor del 50% de la población mundial en vías de desarrollo, incluyendo a una gran cantidad de gente del sector rural y por lo menos el 20% de la gente del sector urbana y urbano marginal, viven construcciones de tierra (Houben & Guillard, 1994). La enciclopedia mundial de vivienda nos dice que en la India, alrededor del 73% de todas las construcciones de envergadura civil son hechas de tierra (67 millones de casas habitadas por 374 millones de personas), en Perú, el 41% de las casas son construidas con adobe o con tapial y en Irán la construcción de adobe son utilizadas casi por toda su población incluyendo al sector rural y urbano. (Enciclopedia Mundial de Vivienda, 2014).

José Montes, en su tesis "Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado" (2011), publicada por el Instituto Politécnico Nacional, cuyo objetivo general es evaluar la resistencia a compresión y a flexión del adobe compactado con la adición de fibras de Agave Angustifolia Haw en concentraciones de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1 %. Concluyó que la adición de fibras de gabazo de Agave Angustifolia Haw al adobe compactado incrementa la resistencia a la flexión de 0.560 MPa a 0.604MPa,

existiendo un incremento en la resistencia de 7.86% con respecto al adobe compactado testigo; también concluyó que la adición de fibras de bagazo de *Agave Angustifolia* Haw al adobe compactado incrementa la resistencia a compresión de 6.858 MPa a 8.512 MPa, existiendo un incremento en la resistencia de 24.12% con respecto al adobe compactado testigo.

Morales, Ortiz, & Alvaréz, en su investigación “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado” (2007), publicada por el Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Unidad Oaxaca, plantean que el adobe compactado presenta mejores características mecánicas que el adobe tradicional. Para el desarrollo de esta investigación se elaboraron series de cinco adobes compactados, sin cementante y estabilizados con ocho porcentajes de cemento que variaron entre el 2 % y el 16 % en peso. Las probetas fueron sometidas a ensayos de flexión y compresión para observar su comportamiento. Los resultados revelaron que la resistencia a la compresión de los adobes compactados se incrementó notablemente con los contenidos del 2%, 4%, 6% y 8% de cemento en la mezcla respecto a los adobes control. Los resultados obtenidos fueron; 31.5 kg/cm², 48.3 kg/cm², 61.1 kg/cm² y 82.3 kg/cm² respectivamente; y a partir del 10%, 12%, 14% y 16% se observaron incrementos moderados. Estos resultados fueron; 83.5 kg/cm², 98.9 kg/cm², 101.2 kg/cm² y 102.5 kg/cm² respectivamente. Con respecto a las pruebas de flexión se observó una pérdida de ésta al adicionarle cemento a la mezcla respecto al adobe control, la misma que es recuperada en los porcentajes de 12%, 14% y 16%. Los resultados fueron 9.1 kg/cm², 9.8 kg/cm² y 9.6 kg/cm² respectivamente.

Ana Quiteño, en su anuario de investigación “La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán” (2015), publicado por la Universidad Católica de El Salvador, evaluó el efecto que tiene la cal en la resistencia a la compresión en los adobes. Los resultados obtenidos demuestran que sí existe un incremento de resistencia al adicionar cal en porcentaje de 4%, 5%, 6%, y 7% al adobe, obteniendo una resistencia a la compresión de 4.84 Kg/cm², 7.22 Kg/cm², 11.8 Kg/cm² y 13.31 Kg/cm² respectivamente, y un valor para el adobe sin adición de cal de 3.12 kg/cm².

Carles Rasetti, en la rehabilitación de su casa en Francia llamada “Maison de Turquie”, buscó una alternativa más ligera y aislante a los materiales tradicionalmente usados como la paja, cal, cáñamo, etc. e hizo un relleno de mortero de cal con cáñamo entre la estructura antigua de entramado de madera. (Cannabric, 2009)

A lo largo de la historia peruana varias culturas han construido con tierra, por ejemplo: las culturas Pre-Incas, Inca y la Española-Árabe construían en base a la mampostería de adobe, el tapial (mampostería de tierra apisonada) y la quincha (bastidores de troncos de madera, caña o fibras vegetales, rellenos con tierra) lo que conllevó a que las construcciones se mantuvieran con el pasar del tiempo, como en el caso de Chan Chan, considerada como “la ciudad americana más antigua y grande con construcciones de barro”, la fortaleza de Complejo de Pachacamac o el Paramonga. (Blondet, Vargas, Iwaki, & Tarque, 2010).

En el Perú también se han realizado muchas investigaciones sobre el adobe. Así, la investigación de Ramsey Álvarez en su tesis “Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna”, (1999) publicada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, cuyo objetivo general fue evaluar el comportamiento físico – mecánico del adobe estabilizado con cal y con goma de tuna, mediante ensayos de resistencia a la compresión. Se prepararon testigos de suelo sin estabilizar y estabilizados con cal en porcentajes (2%, 5% y 8%) y goma de tuna en porcentajes (1.5%, 3% y 5%) respectivamente. Concluyendo que en todos los casos el adobe estabilizado con cal y goma de tuna aumenta la resistencia a la fuerza compresiva, teniendo un aumento de 11.10%, 13.25% y 15.01% respecto al adobe testigo.

Con respecto a la incorporación de fibras vegetales, encontramos la tesis de Verónica Benites titulada “Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea andina*)” (2017), publicada por la Universidad de Piura, cuyo objetivo general es evaluar el uso del extracto de Cabuya (*Furcraea andina*), especie muy común en Sapollica, como polímero natural estabilizador de adobe compactado y su impacto en su resistencia mecánica y al agua, así como encontrar el tiempo mínimo en el cual estas propiedades se verán mejoradas por la acción del polímero. Obteniendo como resultado un aumento en su resistencia a compresión en 14.21% en 5 días, 25.21% en 10 días,

24.20% en 20 días respectivamente y han aumentado su resistencia a flexión en 57.91% en 5 días, 163.72% en días y 133.72% en 20 días respectivamente.

Según el Censo Nacional 2017, indica que existen 10 millones 102 mil 849 viviendas particulares, de las cuales hay un total de 2 millones 148 mil 494 viviendas que tienen como material predominante en sus paredes exteriores al adobe o tapial, el cual corresponde a un 27,9% del total de viviendas particulares. (INEI, 2018)

Del total de viviendas que tienen como material predominante en sus paredes exteriores al adobe o tapial (2 millones 148 mil 494), los departamentos de La Libertad y Cajamarca albergan al 9,9% (274 mil 630) y al 10,9% (303 mil 183) de estas viviendas. En cambio, los departamentos en el que estos materiales no son predominantes son Ucayali y Madre de Dios. (INEI, 2018).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en su informe sobre el Desarrollo de Cajamarca, describe que el INEI estimó que Cajamarca tendría 1 millón 914 mil habitantes en el 2020 de acuerdo al último censo poblacional realizado, en el cual se indica que el 32.7 % de la población vive en el área urbana y el 63.7% en el área rural y que, de acuerdo a los quintiles de pobreza en el 2010, Cajamarca presentaba una cifra de pobreza de 49.1 % y pobreza extrema de 19.4%.

David Alayo en su tesis “Resistencia a la flexión y compresión axial del adobe compactado con adición de fibras de yute, Cajamarca” (2017), publicada por la Universidad Privada del Norte Cajamarca, plantea como objetivo general determinar la resistencia a la flexión y compresión axial del adobe compactado con adición de fibras de yute, llegando a concluir que la resistencia a la compresión axial del adobe compactado viene ascendiendo con la incorporación de fibras de yute de 0.10%, 0.50%; en un 10.81% y 27.15% respectivamente, con respecto al adobe patrón; pero disminuye en la última incorporación de 1% de fibra de yute, resultando solo un aumento de 10.55%. Lo contrario ocurre con los resultados obtenidos en flexión pues aumenta según se le incorpora fibras de yute en 0.10%, 0.50% y 1%, resultando 18.71%, 61.89% y 92.10% respectivamente.

También se ha encontrado la incorporación de cal al adobe compactado, tal como lo demuestra Kelvin Cáceres, “Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca” (2017), publicada por la Universidad Nacional de Cajamarca, cuyo objetivo fue buscar incrementar la resistencia mecánica (compresión y flexión) del adobe estabilizado con cal en dosificaciones de 5%, 10%, 15%, 20% y compactándolo con una presión de 10 kg/cm²; de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.080; se realizaron 36 especímenes para los ensayos de resistencia a compresión y 36 especímenes para los ensayos de resistencia a la flexión los cuales fueron probados a los 28 días de edad, encontrándose que los adobes han aumentado su resistencia a compresión en 9.24%, 13.50%, 20.37% y 31.85% respectivamente y han aumentado su resistencia a flexión en 6.20%, 16.93%, 23.29% y 31.45% respectivamente.

En Cajamarca, las construcciones de adobe poseen 1 o 2 pisos, con muros que varían desde 0.30 m hasta 1.0 m de espesor; sin embargo, estas edificaciones no cuentan con los sobrecimientos adecuados, combinan el adobe con el tapial (donde el espesor del adobe no coincide con el espesor del tapial), y por las características que presentan, se puede decir que, no tuvieron ningún tipo de asistencia técnica en su construcción.

Los defectos de las construcciones en tierra ante un sismo, según (SAN BARTOLOMÉ, Ángel., 2009), en su informe “Albañilería de Tierra Cruda – Adobe y Tapial”, se deberían a: gran masa, poca resistencia del material, mala calidad de la construcción, ausencia de refuerzos, falta de mantenimiento.

La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente. (Blondet, García , & Brzev , 2003)

Las deficiencias en las viviendas de adobe, en lo referente a su capacidad para soportar sismos, han sido observadas y estudiadas por décadas por numerosos

investigadores, lo cual nos permite establecer recomendaciones y procedimientos para mejorar su resistencia. Estos procedimientos son: Mejoramiento del proceso constructivo y esquema estructural, adición de refuerzos en los muros, colocación de una viga solera y mejoramiento de la resistencia de los morteros. (Ilara Candiotti, 1986)

En sustento a lo antes descrito se entiende que Cajamarca posee una gran cantidad de casas con poco refuerzo en sus muros de adobe. Este material de construcción es muy vulnerable a los efectos por corte generado por los sismos, provocando daños en las estructuras como el colapso parcial o total de la vivienda, además de causar pérdidas económicas y de vidas, donde la ocurrencia de sismos es muy latente. Es por ello que una solución factible sería construir viviendas con unidades de adobe más resistentes o reforzadas. Para que esto funcione es necesario el análisis minucioso de las características que tiene un adobe compactado, adicionándole diversos tipos de materiales o aditivos para así mejorar su resistencia a compresión y flexión.

Esta investigación busca generar información sobre las propiedades físicas y mecánicas del bloque de adobe compactado con la incorporación de nuevos materiales, como es el caso de la fibra nylon de cáñamo. Esto servirá como base a futuras investigaciones para mejorar la calidad de estas unidades.

El adobe compactado con un aditivo elaborado es un elemento estructural muy factible en el rubro de la construcción, ya que sus propiedades mecánicas superan a lo especificado por la norma.

Algunos conceptos más importantes para el desarrollo de esta investigación son:

El adobe es una palabra con varios significados, el primero y más común es "ladrillo de lodo secado al sol", el segundo, "formación de lodo", y el tercero es simplemente "ladrillos de lodo". El término adobe viene del egipcio "thobe" (ladrillo) traducido en árabe "ottob", convertida en "adobe" en español y algunas veces llamado "toub" en francés. El ladrillo de adobe, quizá es el material manufacturado más antiguo en el área de la construcción. (De la Peña, 1997).

Según la norma E.080 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2000) el adobe se define como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Se indica un adobe macizo y solo se permite que tengan perforaciones perpendiculares a su cara de asiento (cara mayor) que no representen más del 12% del área bruta. Además, se indica que deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad. Se recomiendan adobes de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.

El adobe es un ladrillo hecho con barro, con un peso promedio de unos 14 kilos. (Vélez,2010)

Por el contrario, (Gendrop, 2001) ha “definido” al adobe de varias maneras, entre las más comunes: (1) “tierra a la que se desposee minuciosamente de todo tipo de impurezas”; (2) “masa de barro moldeada en forma de ladrillo y secada al sol”; (3) “ladrillo formado por una masa de tierra arcillosa, agua y algún aditivo, secada al sol y al aire”.

Podemos encontrar diferentes tipos de adobes entre los cuales se puede señalar:

Adobe estabilizado, es en el que se han incorporado otros materiales como: asfalto, cemento, cal, etc. con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la presión y la resistencia ante la presencia de humedad (Casas, 2015).

Adobe compactado, es una mezcla de adobe que se somete a fuerza de compactación con una prensa obteniéndose así un material más homogéneo. El efecto que la compactación produce se refleja en el aumento de la densidad del adobe, incrementado su resistencia mecánica, debido a que se disminuye la porosidad total y la macroporosidad – porosidad de aireación del suelo, haciendo más denso en realidad al adobe tradicional (Cáceres, 2017).

Adobe tradicional como una unidad de tierra cruda, que está mezclada con paja y agua. Dicha mezcla es puesta en moldes de madera y se dejan secar al sol hasta que se puede retirar del molde y se expone nuevamente al sol para terminar el proceso de secado de dicha pieza (Alday, 2014).

El suelo constituye sedimentos u otras acumulaciones de partículas sólidas producidas por la desintegración física y química de las rocas, con o sin materia orgánica (NTP 339.136).

Como propiedades físicas del suelo tenemos:

La textura, que es la relación existente entre los porcentajes de diferentes fracciones (grava, arena, limo y arcilla); la grava formada por partículas de rocas de alta dureza, con tamaños comprendidos entre 5 y 10 m; la arena conformada por granos minerales cuyo diámetro están comprendidos entre 0.08 y 5 mm; el limo formado por partículas cuyo tamaño está entre los 0.002 y 0.08 mm, no presentan cohesión cuando están secos y tienen una resistencia más baja que las arenas; la arcilla constituye la parte más fina de los suelos, es decir menos de 2 μ , este tipo de suelo es cohesivo e inestable y sensible a los cambios de humedad.

Estructura, que es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados, no es más que el modo de agregación o unión de los constituyentes del suelo.

El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad.

Un suelo no tiene homogeneidad, por ello se hace necesario realizar una serie de pruebas de laboratorio para conocer los diferentes componentes del suelo, así como sus propiedades físico – químicas con el fin de saber si es útil o no para el uso que se le quiera dar. Las pruebas del laboratorio son: contenido de humedad, que nos indica la cantidad de agua que hay en una muestra de suelo, ensayo de granulometría que nos determina la distribución de tamaños de partículas de los suelos, límites de Atterberg o límites de consistencia que nos permiten determinar la facilidad con la cual un suelo puede ser deformado. (NTP 339.126)

El cáñamo en la actualidad es una de las fibras más innovadoras en la construcción, debido a su gran resistencia, flexibilidad, su poder térmico y aislante. Se utiliza como sustituto de la madera en la producción de tablonos o paneles aislantes y también como componente principal en ladrillos compactos aplicables en la confección de muros exteriores, interiores y techos, sustituyendo los ladrillos convencionales. Las viviendas construidas con ladrillos y planchas de cáñamo son más impermeables, resistentes y aisladas facilitando el ahorro energético y una mejor insonorización. Además, su utilización como materia prima renovable, tiene la cualidad de retener la contaminación ambiental. (Silveira, 2012)

El cáñamo como material de construcción es un producto ecológico sin ningún tipo de aditivo nocivo para la salud. Su utilización evita el empleo de materias nocivas para el medio ambiente y sus residuos son fácilmente reciclables Bloques o ladrillos de cáñamo. El bloque está formado por fibras vegetales de cáñamo, cal natural y tierra. Estos componentes se mezclan, se prensan y se secan al aire, por lo que el consumo de energía en la fabricación es bajísimo. Entre las ventajas de estos ladrillos naturales está su componente aislante, lo cual hace que las viviendas tengan las mismas características que las construcciones convencionales. Es resistente a las cargas y al fuego, sirve para fabricar edificios de varias alturas y, además, contribuye a cuidar el medio ambiente. (Catalan, 2015)

El nylon de cáñamo es una combinación del nylon que es una fibra textil elástica y resistente con fibra de cáñamo que es larga, fuerte, durable y natural. (Cafina, 2019)

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de tres porcentajes de fibra nylon de cáñamo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de tres porcentajes de fibra nylon de cáñamo (0.3%, 0.5% y 0.7%) en la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Clasificar el suelo si es apto para ser utilizado como material en la elaboración de adobe compactado mediante ensayos de laboratorio.
2. Realizar el ensayo de Compactación proctor modificado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentaje 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente; y sin incorporación, para obtener el óptimo contenido de humedad.
3. Determinar la resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe compactado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentaje 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente y la de adobe compactados sin incorporación para comparar sus resultados.

1.4. Hipótesis

El efecto de tres porcentajes de fibra nylon de cáñamo (0.3%, 0.5% y 0.7%) aumenta la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado en 15%, 20% y 25% respectivamente.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El estudio es experimental porque se utiliza la aplicación práctica mediante ensayos o procesos, se controla el aumento o disminución de los resultados de compresión y flexión de la unidad de adobe compactado con la adición de la fibra nylon de cáñamo en diferentes porcentajes.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio es el Adobe compactado. Las dimensiones que tendrá el adobe para el ensayo de compresión y absorción es de 15cm * 15cm * 10cm y las dimensiones del adobe para el ensayo de flexión tendrá las dimensiones de 30cm * 15cm * 10cm.

2.2.1.2. Población

La población es igual a la muestra ya que es intencionada y a conveniencia, siendo todos los adobes compactados de control y todos los adobes con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% sumado un total de 72 adobes compactados.

2.2.1.3. Muestra

Es una muestra no probabilística, por conveniencia debido al tiempo, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla N° 3:

Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

FIBRAS NYLON DE CÁÑAMO (%)	ENSAYO			SUB TOTAL
	COMPRESIÓN	FLEXIÓN	ABSORCIÓN	
	N° DE UNIDADES POR ENSAYO			
0	5	5	5	15
0.3	5	5	5	15
0.5	5	5	5	15
0.7	5	5	5	15
TOTAL				60

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la elaboración de adobe compactado se utilizó materiales como: fibra nylon de cáñamo de 12 cm de longitud y suelo extraído de la cantera “Agopampa Baja”. Este suelo se estudió en diferentes tipos de ensayos como: contenido de humedad, granulometría por lavado, granulometría por sifonaje y límites de Atterberg. También se realizó el ensayo de proctor modificado para la determinación del óptimo contenido de humedad del suelo con y sin incorporación de fibra nylon de cáñamo. Luego se procedió a la elaboración de los adobes compactados y finalmente estas unidades se ensayaron a compresión y flexión.

El instrumento a utilizar para la recolección de datos que se realizó mediante observación directa, fue los protocolos aprobados por la Universidad Privada del Norte y la carrera de ingeniería civil, basados en normas correspondientes a mecánica de suelos.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Ubicación de la cantera de la cual obtendremos el material para hacer los adobes.

Departamento: Cajamarca.

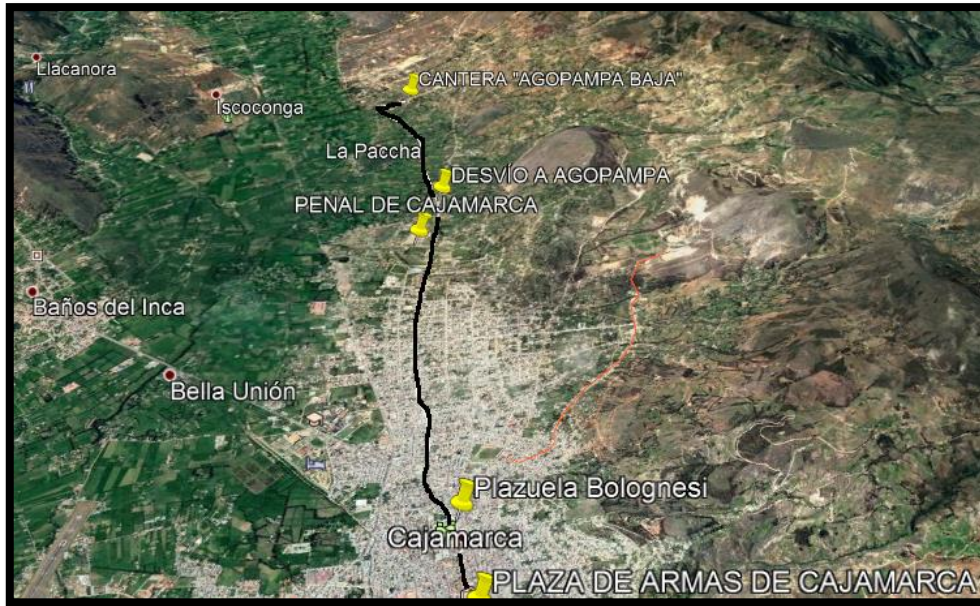
Provincia: Cajamarca.

Distrito: Agocucho.

Caserío: Agopampa Baja.

Figura 1.

Vista satelital de la ubicación de la cantera en estudio “Agopampa Baja”.



Fuente: Google Maps, 2019.

Tabla N° 2:

Coordenadas UTM de la cantera Agopampa Baja.

ESTE	NORTE	COTA	ZONA
779782.07 m	9202169.54 m	2694 m.s.n.m	17M

- Plano de ubicación en anexo n° 5

2.4.2 Adquisición de la fibra nylon cáñamo.

- Se hizo la compra de la fibra nylon de cáñamo en Lima, se cortó en pedazos de 12 centímetros para su utilización en el adobe compactado.

2.4.3. Realización de los estudios de suelo en el laboratorio de suelos de la universidad privada del norte:

a. Humedad

La muestra se colocó en bolsas la muestra para no alterar su humedad, este ensayo se lo realizó siguiendo la norma NTP 339.127, 1998.

Luego en laboratorio se identificó cada uno de los recipientes para luego pesarlos, más tarde se coloca la muestra húmeda en cada recipiente para posteriormente volver a ser pesado, finalmente al día siguiente se extraen las muestras secas del horno a 100 °C y se pesa, el contenido de humedad será el porcentaje de la masa húmeda menos la masa seca entre la masa seca por cien por ciento.

Según la norma técnica peruana NTP 339.127, 1998, el contenido de humedad es la cantidad de agua que hay en una muestra de suelo, se determina como la relación que existe entre el peso del agua (W_w) contenida en la muestra y el peso de fase sólida (W_s). Generalmente se expresa en porcentaje.

Material

- Muestra alterada extraída del estrato de estudio.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Taras.

Procedimiento

- Pesar la tara (W_t).
- Pesar la muestra húmeda en la tara ($W_h + t$).
- Secar la muestra en la estufa, durante 24 horas a 105 °C.
- Pesar la muestra seca en la tara ($W_s + t$).
- Determinar el peso del agua $W_w = (W_h + t) - (W_s + t)$.
- Determinar el peso de la muestra seca $W_s = (W_s + t) - W_t$.
- Determinar el contenido de humedad $W\% = (W_w/W_s) * 100$.

Ecuación 1. Contenido de humedad

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

W = Contenido de agua o humedad, (%).

W_w = peso de agua presente en la masa de suelos, (gr).

W_s = peso de la muestra seca, (gr).

b. Granulometría por lavado

Según la norma técnica peruana NTP 339.128, 1999, la granulometría consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75 μm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 μm se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado.

Material

- Muestra seca aproximadamente 200 gr si es material arcillo limoso y 500 gr si es material granular que contiene finos.

Equipo

- Juego de tamices.
- Balanza con aproximación de 01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Taras.

Procedimiento

- Secar la muestra.
- Pesar la muestra seca (W_s).
- Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.
- Tamizar la muestra por la malla N° 200 mediante chorro de agua.
- La muestra retenida en la malla N° 200 se retira en un recipiente y se deja secar.
- Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP).

Ecuación 2. Porcentaje de los pesos retenidos

$$\%RP = \frac{PRP}{W_s} * 100$$

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los % RP, es decir:

$$\%RA1 = \%RP1.$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2.$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ etc.}$$

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz.

Ecuación 3. Porcentaje que pasa en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%R.A$$

- Finalmente se dibuja la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de ordenadas se registrarán los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan y en el eje de abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros.

c. Límites de consistencia o Atterberg.

Este ensayo nos sirve para clasificar el suelo, se realizó el ensayo de límite líquido, límite plástico y por diferencia se calculó el índice de plasticidad siguiendo la norma (NTP 339.129, 1999).

Límite líquido (LL)

Según la norma técnica peruana NTP 339.129, 1999, el límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a los largo de su fondo en la distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se deja caer la copa 25 veces una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo.

Material

- Suelo seco que pasa la malla N° 40.

Equipo

- Malla N° 40.
- Copa de cas grande.
- Ranurador o acanalador.
- Balanza con aproximación de 0.01gr.

- Estufa con control de temperatura.
- Espátula.
- Probeta de 100 ml.
- Cápsula de porcelana.
- Taras identificadas.

Procedimiento

- En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- Colocar una porción de pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.
- Elevar y dejar caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.
- Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la cápsula de porcelana. Agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (El número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35).
- Lavar y secar la copa y el acanalador.
- Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
- Dibujar a la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica. En el eje de abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez. Este valor será el límite líquido del suelo.

Límite plástico (LP)

Según la norma técnica peruana (NTP 339.129, 1999), el límite plástico es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plásticos y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilo de 3,2mm. (1/8 pulgada) sin que se rompan en pedazos.

Material

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa.
- Espátula.
- Cápsula de porcelana.
- Placa de vidrio.
- Taras identificadas.

Procedimiento

- El límite plástico se determina presionando y enrollando alternadamente a un hilo de 3.2 mm, de diámetro (1/4 pulgada), una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido de humedad se reduzca hasta el punto en que el hilo se quiebre y no pueda ser más presionado. El contenido de humedad del suelo en este punto se reporta como el límite plástico

d. Granulometría por sifonaje.

Este método se utiliza cuando el material es fino (arcillo limoso). Con este método se determina la cantidad de limo y la cantidad de arcilla que contiene una muestra de suelo. Se hace usando una probeta de 1000 ml para separar el material arcilloso, limoso y arenoso posteriormente al siguiente día se extrae las muestras del horno y se procede a pesar.

Las normas a las que se ha tenido referencia para la siguiente práctica son:

- Análisis granulométrico por sifonaje: ASTM D42

e. Ensayo de proctor modificado.

Para este ensayo se secó el material y se utilizó el método A del Proctor Modificado, este ensayo se realizó siguiendo la norma (NTP 339-141, 1999).

Se determina usando 2.5 kg de muestra para cada punto, primero se humedece la muestra al porcentaje de los límites de Atterberg, luego se procede a compactar cada muestra en 5 capas, cada capa tendrá que recibir 25 golpes del martillo, luego se pesa la muestra y se coloca en taras las muestras de la parte superior e inferior del recipiente y luego se coloca en el horno para que al siguiente día sean pesadas.

Material:

- Muestra alterada seca.
- Papel filtro.

Equipo:

- Equipo proctor modificado (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión).
- Pisón proctor modificado
- Balanza con aproximación de 0.01 gr
- Estufa con control de temperatura
- Probeta de 1000 ml
- Recipiente de 6 kg, de capacidad
- Espátula
- Recipientes identificados

Procedimiento:

- Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo a utilizar (método A, B o C).
- Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en $\frac{1}{4}$ % entre ellas.
- Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.

- Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (D_h).
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada ($W\%$), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Determinar las densidades secas de cada muestra compactada (D_s).

Ecuación 4. Densidad seca (D_s)

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{W\%}{100}\right)}$$

- Dibujar la curva de compactación en escala natural, el dato del contenido de humedad se registra en el eje de abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas.
- Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Tabla N°3:
Especificaciones técnicas para el ensayo de proctor modificado en sus distintos métodos

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	PROCTOR MODIFICADO		
1	MÉTODO		A	B	C
2	CONDICIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO		% Ret. Acum. N°4 ≤ 20%	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20% % Ret. Acum. N°4 ≥ 20%	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30% % Ret. Acum. 3/8" ≥ 20%
3	Tipo de material utilizado		Pasante malla N°4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
4	N° DE CAPAS	n	5	5	5
5	N° DE GOLPES	N	25	25	56
6	DIÁMETRO DE MOLDE	cm	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	15.24 ± 0.07
7	ALTURA DEL MOLDE	cm	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
8	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	944 ± 0.15	944 ± 0.15	2124 ± 0.25
9	PESO DEL MARTILLO	kg	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
10	ALTURA CAÍDA DEL MARTILLO	cm	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
11	DIÁMETRO DEL MARTILLO	cm	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025
12	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN	Kg/cm	27.485	27.485	27.485

Fuente: NTP 339-141, 1999

2.3.3. Elaboración de los adobes

Los adobes no se fabricaron en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte por el poco espacio que éste presenta, por lo cual se elaboraron en una propiedad de uno de los alumnos.

Esta propiedad cuenta con los espacios adecuado para la elaboración de los bloques compactados, que se elaboraron con la maquina CINVA RAM de acuerdo a los porcentajes establecidos en esta investigación para luego finalmente ensayar los especímenes por compresión y flexión en el laboratorio de concreto de UPN Cajamarca.

2.3.4. Evaluación de las propiedades de los adobes

Ensayo a compresión.

Según norma E-080 la resistencia a compresión de la unidad se determina ensayando cubos labrados, éstas se deberán ensayar en un mínimo de 6 cubos. Para el ensayo a compresión se utilizará la norma ASTM C-67 - Norma de método de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales.

La resistencia a la compresión ($f'b$) se determina dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta (A) cuando es hueca o perforada; la norma peruana; sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Así, se obtiene el valor (Gallegos & Casabonne, 2005).

Ecuación 5. Resistencia a la compresión

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

Donde:

P_u = Carga Aplicada (Kg).

f = Resistencia a la compresión (Kg/cm²).

A = Área de aplicación de la carga (cm²).

Ensayo a flexión.

La resistencia característica a la flexión ($f'r$), se obtendrá restando una desviación estándar (S) al valor promedio de la muestra (f_r). Los especímenes se ensayarán siguiendo la norma ASTM C-67 - Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales.

Según Gallegos & Casabonne, 2005, el ensayo de tracción por flexión se efectúa en la máquina de compresión sobre una unidad entera a la cual se apoya con una luz no mayor de 18cm y se carga al centro.

Ecuación 6. Resistencia a la flexión

$$f = \frac{3 * P_u * L}{2 * b * t^2}$$

Donde:

f = Resistencia a la flexión (Kg/cm²).

P_u = Carga de rotura (Kg).

L = Luz entre ejes de apoyos (cm).

b = Ancho de la unidad (cm).

$t =$ Altura (cm).

Ensayo de absorción.

Según la Norma ASTM C-67 - Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales, indica que la absorción de cada espécimen se mide como la relación que existe entre el peso del agua absorbida por la unidad después de haberla sumergido durante 24 horas en una poza de agua.

2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

Para el análisis de datos primero se debe realizar los ensayos de sifonaje y granulometría por lavado, dado que estos dos ensayos son primordiales para el adobe. Sifonaje servirá para determinar la cantidad de limo, arcilla y arena tiene la muestra de tierra de la cantera de Agopampa baja, la cual debe estar entre 10% a 15% de arcilla, 15% a 20% de limo y 55% a 70% de arena.

Luego si el ensayo es aprobado seguirá el ensayo de granulometría por lavado, el cual no debe exceder el 30% de paso en la malla N°200.

Una vez cumplidos los dos ensayos se procederá a los ensayos de contenido de humedad, limite líquido y limite plástico.

Posteriormente cumpliendo lo requerido en los ensayos anteriores, se procede a realizarse tres ensayos de proctor modificado agregando un porcentaje de fibra de cáñamo en cada uno de los ensayos.

Una vez realizado todos los ensayos a la muestra de suelo de Agopampa baja, se procede a la elaboración de adobes la cual es realizada con la maquina CIMVA RAM de la universidad privada del norte, se realizará de la siguiente manera:

Tabla N°4:

Etapa I: Elaboración de adobes sin adición de fibra nylon de cáñamo

Factores	Cantidad	Variable Respuesta
Suelo sin la adición de la fibra nylon de cáñamo compactado con la máquina CINVA RAM.	15 unidades	Compresión Flexión Absorción

Se elaboró la cantidad de 15 adobes compactados sin la adición de fibra nylon cáñamo para determinar la resistencia del suelo.

Tabla N°5:

Etapa II: Elaboración de adobes con adición de fibra nylon de cáñamo

Factores	Cantidad	Variable Respuesta
Suelo con adición de fibra nylon de cáñamo (0.3%) compactado con la máquina CINVA RAM.	15 unidades	Compresión Flexión Absorción
Suelo con adición de fibra nylon de cáñamo (0.5%) compactado con la máquina CINVA RAM.	15 unidades	Compresión Flexión Absorción
Suelo con adición de fibra nylon de cáñamo (0.7%) compactado con la máquina CINVA RAM.	15 unidades	Compresión Flexión Absorción

Se elaboró la cantidad de 45 adobes compactados en diferentes porcentajes de adición de fibra nylon de cáñamo (0.3, 0.5 y 0.7%) para averiguar si la hipótesis planteada se cumple

Finalmente, pasado 28 días de elaboración de adobes, se procederá al ensayo de compresión para determinar su resistencia a la compresión y ver si el aditivo cumple con las expectativas de la norma.

2.6. Aspectos éticos:

En la presente investigación los aspectos éticos que se han considerado son:

- La confiabilidad de los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados en laboratorio, siguiendo los procedimientos establecidos en las normas mencionadas anteriormente.
- El uso de la fibra nylon de cáñamo para estabilizar el adobe compactado no sea perjudicial para el medio ambiente y no dañe a las personas que puedan utilizar en las futuras investigaciones porque queremos una sociedad que sea más limpia y menos contaminada.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Análisis granulométrico por sifonaje

Del ensayo de granulometría por sifonaje, se determinó que el suelo presenta el siguiente resultado:

Arcilla = 12.50%, limo = 15.38% y arena = 62.03% (ver anexo n° 4).

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.

3.2. Análisis granulométrico por lavado

Del ensayo de granulometría, se determinó que el suelo presenta los siguientes resultados:

Porcentaje que pasa la malla N° 4 = 99.16% (ver anexo n° 4).

Más del 12% pasa la malla N° 200 = 27.33% (ver anexo n° 4).

Según norma E080 el ensayo no debe superar 30% de pérdida en el último tamiz para que la muestra sea considerada aceptable.

3.3. Contenido de humedad

Del ensayo de contenido de humedad, se determinó que el suelo presenta el siguiente resultado:

Contenido de Humedad = 12.14% (ver anexo n° 4).

3.4. Límites de Atterberg

- Límite líquido

Del ensayo para el límite líquido, se determinó que el suelo presenta el siguiente resultado:

Límite Líquido = 26.99% (ver anexo n° 4).

- Límite plástico

Del ensayo para el límite plástico, se determinó que el suelo presenta el siguiente resultado:

Límite plástico = 18.00% (ver anexo n° 4).

Cuadro resumen de los límites de Atterberg

LL =	26.99 %	LP =	18.00 %	IP =	8.99%
------	---------	------	---------	------	-------

3.5. Ensayo de proctor modificado, método A

- **Compactación de proctor de la unidad de control**

Densidad seca máxima ($D_s \text{ máx.}$) = 2.16 g/cm³ (ver anexo n° 4).

Contenido de humedad óptimo ($W_o \text{ opt.}$) = 10.10 % (ver anexo n° 4).

- **Compactación de proctor con adición de 0.3% de adición de fibra nylon de cáñamo**

Densidad seca máxima ($D_s \text{ máx.}$) = 1.74 g/cm³ (ver anexo n° 4).

Contenido de humedad óptimo ($W_o \text{ opt.}$) = 10.15 % (ver anexo n° 4).

- **Compactación de proctor con adición de 0.5% de adición de fibra nylon de cáñamo**

Densidad seca máxima ($D_s \text{ máx.}$) = 1.94 g/cm³ (ver anexo n° 4).

Contenido de humedad óptimo ($W_o \text{ opt.}$) = 10.15 % (ver anexo n° 4).

- **Compactación de proctor con adición de 0.7% de adición de fibra nylon de cáñamo**

Densidad seca máxima ($D_s \text{ máx.}$) = 1.94 g/cm³ (ver anexo n° 4).

Contenido de humedad óptimo ($W_o \text{ opt.}$) = 12.90 % (ver anexo n° 4).

3.6. Resultados para las pruebas de compresión y flexión en el adobe

- Para evaluar los bloques de adobe compactado con fibra nylon de cáñamo, y sin incorporación, se trasladó al laboratorio de la Universidad Privada del norte para sus respectivos ensayos.

3.6.1 Esfuerzo o resistencia a compresión

- Para este ensayo los resultados que se presentan en resumen son los siguientes.

Tabla N° 6

Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (muestra de control)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Característica
M1	2234.00	3.58	10.68	Secado natural 28 días
M2	2248.00	4.51	10.58	Secado natural 28 días
M3	2312.00	2.78	10.62	Secado natural 28 días
M4	2432.00	3.21	11.14	Secado natural 28 días
M5	2489.00	3.24	11.17	Secado natural 28 días
Esfuerzo a compresión promedio =			10.84	Kg/cm ²

Tabla N° 7

Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (0.3% de adición de fibra nylon de cáñamo)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Característica
M1	6227.00	9.78	28.71	Secado natural 28 días
M2	4813.00	7.43	22.08	Secado natural 28 días
M3	6119.00	9.56	29.31	Secado natural 28 días
M4	6382.00	8.43	28.73	Secado natural 28 días
M5	6627.00	10.87	27.69	Secado natural 28 días
Esfuerzo a compresión promedio =			27.30	Kg/cm ²

Tabla N° 8

Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (0.5% de adición de fibra nylon de cáñamo)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Característica
M1	7233.00	11.32	32.71	Secado natural 28 días
M2	8455.00	11.87	37.45	Secado natural 28 días
M3	7751.00	11.22	36.07	Secado natural 28 días
M4	7740.00	11.09	34.87	Secado natural 28 días
M5	7523.00	10.78	35.58	Secado natural 28 días
Esfuerzo a compresión promedio =			35.34	Kg/cm ²

Tabla N° 9

Resistencia a la compresión de los adobes compactados secado a 28 días (0.7% de adición de fibra nylon de cáñamo)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Característica
M1	11537.00	14.54	49.61	Secado natural 28 días
M2	10763.00	13.21	47.97	Secado natural 28 días
M3	9201.00	12.42	43.34	Secado natural 28 días
M4	10549.00	14.78	46.75	Secado natural 28 días
M5	10721.00	15.65	46.37	Secado natural 28 días
Esfuerzo a compresión promedio =			46.81	Kg/cm ²

La tabla N° 7, 8 y 9 muestran que la adición de fibra nylon de cáñamo aumentan significativamente la resistencia a la compresión del adobe compactado.

A continuación, se muestra el resultado general de los resultados para el ensayo de esfuerzo o resistencia a compresión.

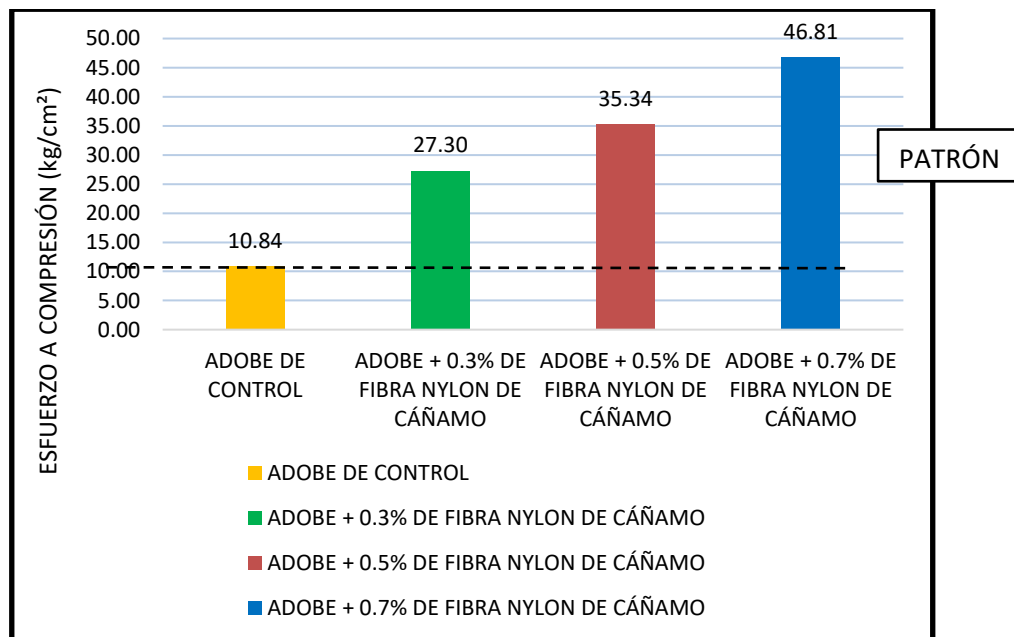
Tabla N° 10

Resultados generales – resistencia a la compresión de especímenes

UNIDAD POR MUESTRA	ADOBE DE CONTROL (kg/cm ²)	ADOBE + 0.3% DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO (kg/cm ²)	ADOBE + 0.5% DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO (kg/cm ²)	ADOBE + 0.7% DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO (kg/cm ²)
1	10.68	28.71	32.71	49.61
2	10.58	22.08	37.45	47.97
3	10.62	29.31	36.07	43.34
4	11.14	28.73	34.87	46.75
5	11.17	27.69	35.58	46.37
PROMEDIO	10.84	27.30	35.34	46.81

Gráfica N° 1

Resumen – Resistencia a la compresión de adobes compactados elaborados en la máquina CINVA RAM



3.6.2. Esfuerzo o resistencia a flexión

Los resultados obtenidos en resumen para este ensayo fueron los siguientes:

Tabla N° 11

Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (muestra de control)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
M1	1199.00	2.76	21.28
M2	1605.00	3.77	23.02
M3	983.00	2.33	16.71
M4	1595.00	3.44	28.32
M5	1667.00	3.67	29.72

Esfuerzo a compresión promedio = 23.81 Kg/cm²

Tabla N° 12

Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (0.3% de adición de fibra nylon de cáñamo)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
M1	2154.00	5.70	38.43
M2	1959.00	4.88	34.19
M3	2981.00	7.11	47.10
M4	2637.00	6.78	45.45
M5	2594.00	6.43	42.97

Esfuerzo a compresión promedio = 41.63 Kg/cm²

Tabla N° 13

Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (0.5% de adición de fibra nylon de cáñamo)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
M1	1539.00	4.14	27.09
M2	2050.00	5.06	34.98
M3	1603.00	4.01	26.35
M4	1645.00	4.22	23.43

M5	1687.00	4.65	29.03
----	---------	------	-------

Esfuerzo a compresión promedio = 28.18 Kg/cm²

Tabla N° 14

Resistencia a la flexión de los adobes compactados secados a 28 días (0.7% de adición de fibra nylon de cáñamo)

Muestra	Carga Máxima (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
M1	1933.00	5.05	35.20
M2	2153.00	5.67	37.96
M3	2146.00	5.23	38.20
M4	1316.00	3.67	23.23
M5	1579.00	4.02	28.40

Esfuerzo a compresión promedio = 32.60 Kg/cm²

La tabla N°12,13 y 14 muestran un aumento de la resistencia a la flexión del adobe, pero la adición de 0.3% de fibra nylon de cáñamo es la que resiste más.

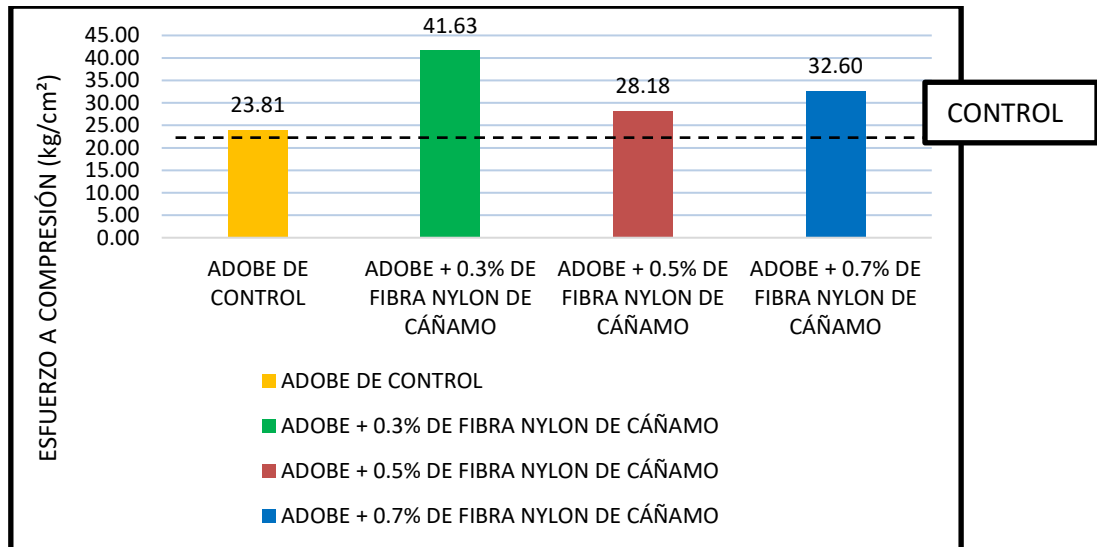
Tabla N° 15

Resultados generales – resistencia a la flexión de especímenes

UNIDAD POR MUESTRA	ADOBE DE CONTROL (kg/cm ²)	ADOBE + 0.3% DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO (kg/cm ²)	ADOBE + 0.5% DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO (kg/cm ²)	ADOBE + 0.7% DE FIBRA NYLON DE CÁÑAMO (kg/cm ²)
1	21.28	38.43	27.09	35.20
2	23.02	34.19	34.98	37.96
3	16.71	47.10	26.35	38.20
4	28.32	45.45	23.43	23.23
5	29.72	42.97	29.03	28.40
PROMEDIO	23.81	41.63	28.18	32.60

Gráfica N° 2

Resumen – Resistencia a la flexión de adobes compactados elaborados en la máquina CINVA RAM



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- El bloque de adobe compactado de control y adobe con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de (0.3%, 0.5% y 0.7%) en cualquiera de sus dosificaciones es aceptable pues la norma E080 actual no contempla límites de resistencia.

Además de hacer los estudios de compresión y flexión se hizo un estudio extra de absorción. Observando que los adobes de control y los adobes con adición de 0.3%, 0.5% y 0.7% de fibra nylon de cáñamo de ninguna manera resisten 24 horas sumergidas.

- Al comparar los resultados de la tesis titulada “Adobes estabilizados y compactados en Cajamarca 2014” del tesista Iván Mejía que incorpora cemento en porcentajes de 8, 10, 12 y 14 % da como resultados de resistencia a compresión los valores de 35.63, 46.24, 49.50 y 52.36 kg/cm² respectivamente y la resistencia a flexión los valores de 9.65, 10.33, 10.63 y 12.57 kg/cm² respectivamente; estos valores son mayores con respecto a compresión y menores con respecto a flexión del adobe compactado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentaje de 0.3%, 0.5%, 0.7%, llegando a una resistencia a compresión de 27.30 kg/cm², 35.34 kg/cm² y 46.81 kg/cm² y a resistencia a flexión de 41.63 kg/cm², 28.18 kg/cm² y 32.60 kg/cm² respectivamente.

- En otra comparación de resultados de la tesis titulada “Resistencia a compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de cal y fibras de caucho, Cajamarca 2018” de la tesista Yesenia Medina que incorpora cal (1%, 2% y 3%) y fibras de caucho (0.5%, 1% y 1.5%) respectivamente que da como resultados de resistencia a compresión los valores de 18.35, 21.69 y 25.55 kg/cm² respectivamente y la resistencia a la flexión los valores de 13.48, 15.19 y 17.66 kg/cm² respectivamente cuyos valores son menores con respecto a compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentaje de 0.3%, 0.5%, 0.7%, llegando a una resistencia a compresión de 27.30 kg/cm², 35.34 kg/cm² y 46.81 kg/cm² y a resistencia a flexión de 41.63 kg/cm², 28.18 kg/cm² y 32.60 kg/cm² respectivamente.
- Finalmente citamos a José Montes en su tesis "Estudio del efecto de la fibra de bagazo de agave angustifolia haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado", al adicionar fibras de bagazo de Agave Angustifolia Haw al adobe compactado incrementa la resistencia a la flexión de 0.560 MPa (5.71 kg/cm²) a 0.604MPa (6.16 kg/cm²), y con respecto a la resistencia a compresión aumenta de 6.858 MPa (69.93 kg/cm²) a 8.512 MPa (86.80 kg/cm²); estos valores son menores con respecto a la compresión y flexión del adobe compactado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7%, llegando a una resistencia a compresión de 27.30 kg/cm², 35.34 kg/cm² y 46.81 kg/cm², respectivamente, y una resistencia a flexión de 41.63 kg/cm², 28.18 kg/cm² y 32.60 kg/cm².

4.2 Conclusiones

- El efecto de la fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente en adobes compactados mejoran sus propiedades mecánicas conforme se va incorporando fibra nylon de cáñamo, en resistencia a compresión mejoró hasta en 331.83% con respecto al valor encontrado para la muestra de control y su resistencia a la flexión mejora hasta en un 74.84% con respecto al valor encontrado en la muestra de control.
- Se clasificó el suelo determinando que es apto para ser utilizado como material en la elaboración del adobe compactado mediante ensayos de laboratorio. Los resultados del ensayo granulométrico por lavado fueron de 99.16% que pasa la malla N° 4 y más del 12% pasa la malla N° 200 (27.33%), y con respecto al sifonaje tenemos que el suelo cuenta con 62.03% de arena, 15.38% de limo y un 12.50% de arcilla, y con un resultado de límites de consistencia de 8.99%.
- Se realizó los ensayos de compactación de proctor modificado con incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes: 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente, y sin incorporación, para obtener el óptimo contenido de humedad (10.15%, 10.15%, 12.90% y 10.10%) respectivamente.
- La incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente, en la resistencia a compresión del adobe compactado obtuvo una

resistencia de 27.30 kg/cm^2 , 35.34 kg/cm^2 y 46.81 kg/cm^2 respectivamente; los cuales superan hasta en un 331.83% la resistencia a compresión de un adobe de control (10.84 kg/cm^2).

- La incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente, en la resistencia a flexión del adobe compactado obtuvo una resistencia de 41.63 kg/cm^2 , 28.18 kg/cm^2 y 32.60 kg/cm^2 respectivamente; los cuales mejoran hasta en un 74.84% la resistencia a flexión de un adobe de control (23.81 kg/cm^2).
- La incorporación de fibra nylon de cáñamo en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% respectivamente, en la resistencia a la absorción del adobe compactado no se pudo obtener resultados pues las muestras, pues no resistieron las 24 horas sumergidas en agua según la norma ASTM C-67.

BIBLIOGRAFIA

Alayo, D. (2018). Resistencia a la flexión y compresión axial del adobe compactado con adición de fibras de yute, Cajamarca 2017. (Tesis, Universidad Privada del Norte). Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14067>

Albert, L., Roque, F. (1989): La industria del cáñamo en Callosa del Segura (Alicante): catalogación y estudio de utillajes y otros productos derivados de esta industria artesanal. Alicante, IAC Juan Gil-Alber

Alday, P. (2014). Efecto de los estabilizadores en las propiedades físicas del adobe" adobes utilizados para la reconstrucción. (Tesis, Universidad Andrés Bello). Recuperado de <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/1727>

Álvarez, R. (1999). Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna. (Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <http://investigacionadobe.blogspot.com/2008/04/revision-bibliografica.html>

Benites, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea andina*) (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

Blondet et al., M. (2003). Caracterización experimental de ladrillos de adobe reforzados con fibra de paja.

Blondet, M., García , G., & Brzev , S. (2003). Construcciones de adobe resistentes a los terremotos. *Tutor*.

Blondet, M., Vargas, J., Iwaki, C., & Tarque, N. (2010). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú |Blondet. Informes de la Construcción. 63. Recuperado de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1251>

Casas, I. (2015). Adobe estabilizado. Recuperado de https://www.academia.edu/19393418/adobe_estabilizado

Cáceres, K. (2017). Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas - económicas en Cajamarca (Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/181256>

Cannabric. (2009). Obtenido de Cannabric: http://www.cannabric.com/bioconstruccion/constuir_con_canamo

Caballero, Zeudiel; MARTINEZ, Gabriel. (2009). INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL TIERRA PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS - BTC. Bucaramanga, Santander: Universidad de Santander.

Cafina (2019) Obtenido de Cafina: <https://lualcosac.godaddysites.com/>

Catalán G. (2015), Hegyi_Determinar la adición óptima de materiales vegetales en ladrillos de adobe

De la Peña D. (1997). Adobe, características y sus principales usos en la construcción. Instituto Tecnológico de la Construcción (ITC) México D.F.

Enciclopedia Mundial de Vivienda. (2014). World Housing Encyclopedia - un proyecto EERI e IAEE. Recuperado 30 de junio de 2018, de <http://www.world-housing.net/>

Gallegos & Casabonne, (2005) Propiedades mecánicas del adobe estabilizado

Gama, J., Cruz, T., Pi Puig, T., Alcalá, R., Cabadas, H., Jasso, C., ... Vilanova, 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.

Gendrop P. (2001). Diccionario de arquitectura mesoamericana (pp. 238). México: Trillas.

Houben, H., & Guillard, H. (1994). *Earth Construction – A Comprehensive Guide* (ITDG Publishing, Vol. 2). London, UK: IGI Global.

Ilara Candiotti, C. F. (1986). ESTUDIO SISMICO EXPERIMENTAL DE MUROS DE ADOBE. Lima.

INEI, I. N. (2008). *Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1993 y 2007*. Lima: INEI.

INEI. (2018, agosto 7). Instituto Nacional de Estadística e Informática [Informativa]. Recuperado 10 de abril de 2019, de En el país existen más de diez millones de viviendas particulares censadas website: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-el-pais-existen-mas-de-diez-millones-de-viviendas-particulares-censadas-10893/>

Juárez Badillo, Eulalio. (2005). FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS - TOMO 1. México: Limusa.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Manual de construcción. Recuperado 8 de abril de 2018, de Scribd website: <https://es.scribd.com/document/352340812/MANUAL-DE-EDIFICACIONES-ANTISISMICAS-DE-ADOBE-pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2000). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificación E.080 Adobe. SENCICO. Lima, Perú.

Montes, J. (2011). Estudio del Efecto de la Fibra de Bagazo de Agave angustifolia Haw en la Resistencia a Flexión y Compresión del adobe compactado. (Tesis, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8292>

Morales, V., Ortiz, M., & Alvaréz, R. (2007). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado. CIIDIR Unidad Oaxaca, México, 5, 48. (https://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidiroaxaca.ipn.mx.revista/files/pdf/vol5num1/mejoramiento_propiedades.pdf).

NORMA TECNICA DE EDIFICACION E.030. (2006). Diseño sismo resistente. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

NTP 339.128. (1999). Norma técnica peruana. Recuperado 30 de junio de 2018, de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=3307

NTP 339.127. (1998). Norma técnica peruana. Recuperado 30 de junio de 2018, de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=3306

NTP 339.129. (1999). Norma técnica peruana. Recuperado 30 de junio de 2018, de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=3308

Quiteño, A. A. (2015). La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán. Universidad Católica de El Salvador, 8.

Rael, R. (2009). Earth Architecture (3.^a ed., Vol. 7). Nueva York: Princeton Architectural Press.

Ríos, E. (2010). EFECTOS DE LA ADICIÓN DE LATEX NATURAL Y JABÓN EN LA RESISTENCIA MECÁNICA Y ABSORCIÓN DEL ADOBE COMPACTADO. Santa Cruz Xoxocotlán; Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional.

San Bartolomé, Ángel. (2009). Blog de Ángel San Bartolomé. Recuperado el 25 de agosto de 2014, de ALBAÑILERÍA DE TIERRA CRUDA - Adobe y Tapial: <http://textos.pucp.edu.pe/texto/C18-Adobe-Curso-Albanileria-Estructural>

Serrano, S., Barrenache, C., & Cabeza L. (2016). Uso de sub productos como aditivos en ladrillos de adobe

Silveira, D., Varum, H., & Costa, A. (2012). Influencia de los procedimientos de prueba en la caracterización mecánica del adobe con cáñamo. Portugal.

Shuan, Luisa. (2004). *TALLER BÁSICO DE MECÁNICA DE SUELOS*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Vega , P., Guerra, I., Moran , J., Aguado, P., & Llamas, B. (2011). Caracterización mecánica de adobes tradicionales del norte de España. Science Direct.

Vélez G. (2010). Arquitectura de barro. Revista digital apuntes de arquitectura. Caracas, Venezuela. Recuperado de <http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.pe/2010/08/arquitectura-con-barro-arqgonzalo.html>

ANEXOS

Anexo N°1:

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN	INSTRUMENTO	
Suelo	El suelo es una capa superficial, comúnmente delgada, está compuesta por una mezcla de diferentes elementos tales como: gravas, arenas, limos y arcilla, así como materia orgánica producto de la descomposición biológica. (Caballero, Zeudiel; Martinez, Gabriel, 2009).	Ensayos de Laboratorio (contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, proctor modificado)	Composición del suelo	kg	-----	
			Propiedades del suelo	-----	-----	
		Clasificación del Suelo	Clasificación SUCS	Unidad	Normas, Protocolos	
Porcentaje de Incorporación de fibra nylon de cáñamo	Modifica la resistencia mecánica del adobe compactado.	Estabilización del adobe.	Dosificación	% de fibra nylon de cáñamo	-----	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO	
Resistencia a compresión	Propiedad que muestra la capacidad de los adobes cuando se somete a carga axial. (Juarez, E., 1997)	Resistencia a la compresión.	Esfuerzo	Kg/cm2	Compresómetro	
			Deformación	mm		
		Distribución Granulométrica	Curva Granulométrica	Unidad	Normas, formatos	
			Dimensiones del Adobe	Longitud del tizón	Cm	Bernier
				Longitud de la sogá	Cm	
Longitud del grueso	Cm					
Resistencia a flexión	Permite determinar la deformación del material y su capacidad de resistencia a la tracción. (Ríos,E., 2010)	Resistencia a flexión	Esfuerzo	Kg/cm2	Compresómetro	
			Deformación	mm		
		Distribución Granulométrica	Curva Granulométrica	Unidad	Normas, formatos	
			Dimensiones del Adobe	Longitud del tizón	Cm	Bernier
		Longitud de la sogá		Cm		
		Longitud del grueso		Cm		
Longitud entre ejes de apoyo	Cm					

Anexo N° 2: Características técnicas de la fibra nylon de cáñamo

Tabla N° 16

Características técnicas de la fibra nylon de cáñamo

Resistencia	
Resistencia de la cuerda:	85%
Capacidad de absorción de la carga de choque:	Excelente
Peso	
Gravedad específica de fibra:	1.14 kg/cm ³
Elongación	
Porcentaje a rotura	15% - 28%
Degradación	
Resistencia a los rayos UV del sol:	Buena
Resistencia al envejecimiento:	Excelente
Resistencia a la abrasión	
Superficial:	Muy buena
Interna:	Excelente
Efecto de la temperatura sobre la cuerda	
Límite máximo:	250 °C
Límite mínimo:	-70 °C
Se derrite a:	420 °C - 480 °C

Fuente: Castilla, 2018

Tabla N° 17

Ficha técnica de la fibra nylon de cáñamo

Diámetro Cordel		Resistencia mínima para Rotura		Carga de Seguridad		Peso	
(pulg.)	(mm)	(kN)	(kgf)	(kN)	(kgf)	(lb/ft)	(kg/m)
3/16	5	3,9	398,7	0,33	33,24	0,009	0,013
1/4	6	6,6	674,0	0,55	56,19	0,016	0,023
5/16	8	10,2	1040,1	0,85	86,78	0,025	0,036
3/8	10	14,4	1468,4	1,20	122,37	0,036	0,053
7/16	11	19,2	1957,8	1,60	163,15	0,048	0,071
1/2	12	25,2	2569,7	2,10	214,14	0,063	0,094
9/16	14	32,0	3263,1	2,67	272,26	0,080	0,119
5/8	16	39,6	4038,1	3,30	336,50	0,099	0,147
3/4	18	56,8	5792,0	4,76	485,38	0,143	0,213
13/16	22	76,9	7841,6	6,41	653,63	0,195	0,290
7/8	24				0,00		
1	26	98,9	10084,9	8,23	839,22	0,253	0,377
1 1/16	28	112,0	11420,8	9,34	952,41	0,287	0,427
1 1/8	30	126,0	12848,3	10,50	1070,70	0,322	0,479
1 1/4	32	155,0	15805,5	12,90	1315,43	0,397	0,591
1 3/8	36	170,0	17335,1	14,20	1447,99	0,437	0,650
1 1/2	40	216,0	22025,7	18,00	1835,48	0,570	0,848

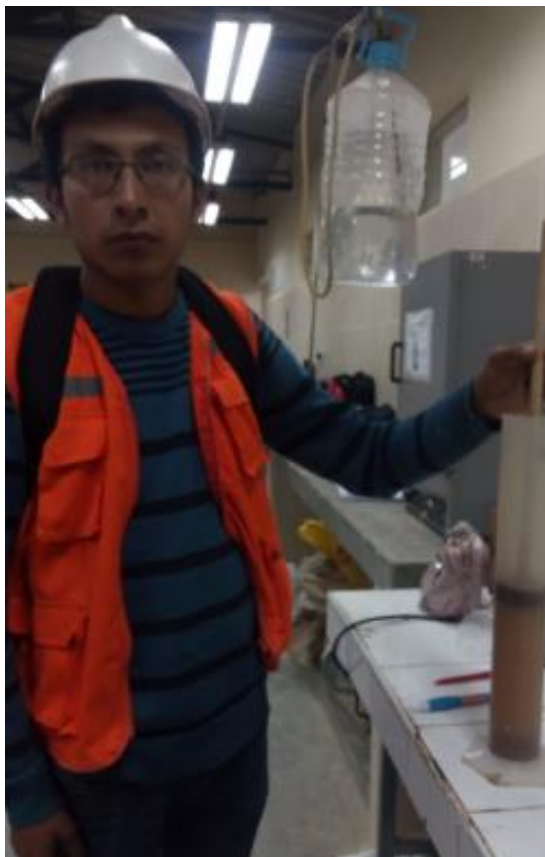
Fuente: Castilla, 2018

Anexo N° 3: Fotografías

Fotografía N° 22: Lugar de extracción del material (Agopampa Baja)



Fotografía N° 23: Ensayo de granulometría por sifonaje



Fotografía N° 24: Ensayo de granulometría por lavado



Fotografía N° 25: Pesaje de las taras del ensayo de contenido de humedad



Fotografía N° 26: Ensayo de límite líquido



Fotografía N° 27: Ensayo de límite plástico



Fotografía N° 28: Visita del asesor en el ensayo de proctor modificado (método A)



Fotografía N° 29: Realizando los adobes en la máquina CIMVA RAM



Fotografía N° 30: Adobes en proceso de secado natural de 28 días



Fotografía N° 31: Adobes colocados en laboratorio para ser ensayados



Fotografía N° 32: Medición de los adobes antes de ser ensayados



Fotografía N° 33: Rotura de adobes en el ensayo de flexión



Fotografía N° 34: Visita del asesor en el ensayo de compresión



Fotografía N° 35: Ensayo de absorción



Fotografía N° 36: Adobe desecho después de estar 3 horas sumergido



Fotografía N° 37: Adobe con 0.3% de incorporación de fibra nylon de cáñamo antes de ser sumergido en agua



Fotografía N° 38: Adobe con 0.3% de incorporación de fibra nylon de cáñamo después de ser sumergido en agua



ANEXO N° 4: FORMATOS DE LABORATORIO

ANEXO N° 5: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA CANTERA AGOPAMPA BAJA