

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Propuesta de unidades de albañilería sin cocción con la incorporación de
fibra de cabuya y cemento tipo I**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Angie Tatiana Briones Diaz

ASESOR

Cesar Eduardo Cachay Lazo

<https://orcid.org/0000-0002-0547-522X>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de unidades de albañilería sin cocción con la
incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I**

PRESENTADA POR

Angie Tatiana Briones Diaz

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Hector Augusto Gamarra Uceda

PRESIDENTE

Fidel Ortiz Zapata

SECRETARIO

Cesar Eduardo Cachay Lazo

VOCAL

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
7	fddocuments.es Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	10
Abstract	11
Introducción.....	12
Revisión de literatura.....	16
Materiales y métodos	42
Resultados y discusiones	65
Conclusiones	98
Recomendaciones	100
Referencias.....	101
Anexos	105

Lista de tablas

Tabla 1: Clasificación por sus dimensiones	23
Tabla 2: Propiedades de la Fibra	31
Tabla 3: Factor de corrección altura/espesor	40
Tabla 4: Muestra de cada ensayo	43
Tabla 5: Muestra por cada ensayo.....	43
Tabla 6: Muestreo de las unidades de albañilería propuestas	44
Tabla 7: Parámetros de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión.....	45
Tabla 8: Parámetros de Densidad Mínima	45
Tabla 9: Parámetros de Absorción	46
Tabla 10: Parámetros de Succión.....	46
Tabla 11: Parámetros de muretes y pilas.....	46
Tabla 12: Operacionalización de variables	48
Tabla 13: Diseño de Mezcla de las Unidades Propuestas	57
Tabla 14: Medidas del Alveolo	58
Tabla 15: Resultados de Granulometría	65
Tabla 16: Resultados de Límite de Atterberg	66
Tabla 17: Resultados de Contenido de Sales Solubles en el Suelo.....	67
Tabla 18: Resultados de la Variación Dimensional al Ladrillo Convencional	68
Tabla 19: Resultados de Alabeo de Ladrillos Convencionales	68
Tabla 20: Resultados de Densidad de Ladrillos Convencionales	69
Tabla 21: Resultados de Absorción de Ladrillos Convencionales.....	69
Tabla 22: Resultados de Succión de Ladrillos Convencionales.....	70
Tabla 23: Resultados de Resistencia de Compresión de Ladrillos Convencionales	70
Tabla 24: Resultados de Muretes de Ladrillos Convencionales	71
Tabla 25: Resultados de Rotura con Pilas de Ladrillos Convencionales	71

Tabla 26: Resultados de Variación Dimensional de las Unidades Propuestas	72
Tabla 27: Resultados de Alabeo las Unidades Propuestas.....	75
Tabla 28: Resultados de Densidad de las Unidades Propuestas	76
Tabla 29: Resultados de Absorción de las Unidades Propuestas.....	78
Tabla 30: Resultados de Succión de las Unidades Propuestas.....	79
Tabla 31: Resultados de la Resistencia a la Compresión de las Unidades Propuestas	80
Tabla 32: Resultados de Resistencia al Corte Diagonal con Muro de Albañilería	82
Tabla 33: Resultados de Rotura con Pilas de las Unidades Propuestas	83
Tabla 34: Análisis de Costo Unitario del Ladrillo Convencional	85
Tabla 35: Análisis de Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin cocción con 10% de Fibra de Cabuya y 25% de cemento tipo I	86
Tabla 36: Análisis de Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin cocción con 15% de Fibra de Cabuya y 25% de cemento tipo I	87
Tabla 37: Análisis de Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin cocción con 20% de Fibra de Cabuya y 25% de cemento tipo I	88
Tabla 38: Comparación de Resultados.....	89
Tabla 39: Información de las Ladrilleras de los Departamentos.....	105
Tabla 40: Número de Empresas del Departamento de Lambayeque	105
Tabla 41: Ficha Técnica del Cemento Tipo I.....	105
Tabla 42: Corrección y Diseño Final de Mezcla.....	106

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Muros Laminares.....	22
Ilustración 2: Albañilería Confinada	22
Ilustración 3: Horno de Fuego Dormido	26
Ilustración 4: Horno Árabe.....	26
Ilustración 5: Horno Árabe.....	26
Ilustración 6: Horno Hoffmann	27
Ilustración 7: Horno de Cámara	28
Ilustración 8: Horno Túnel.....	28
Ilustración 9: Medición de concavidad.....	35
Ilustración 10: Medición de Convexidad	35
Ilustración 11: Diagrama del Procedimiento	49
Ilustración 12: Ubicación de la ladrillera	50
Ilustración 13: Vista de la Ladrillera	50
Ilustración 14: Muestra de suelo.....	51
Ilustración 15: Secado de la Fibra de Cabuya	51
Ilustración 16: Ensayo de Granulometría	52
Ilustración 17: Ensayo de Límite Líquido	53
Ilustración 18: Ensayo de Límite Plástico	53
Ilustración 19: Ensayo de Contenido de Sales	54
Ilustración 20: Suelo para la elaboración de ladrillos	54
Ilustración 21: Fibra cortada entre 5 a 8cm	55
Ilustración 22: Cajas para la medición de materiales	55
Ilustración 23: Mezcla de la unidad propuesta	56
Ilustración 24: Molde para las Unidades Propuestas.....	58
Ilustración 25: Moldeado de las Unidades Propuestas	59

Ilustración 26: Secado y Curado de las Unidades Propuestas	59
Ilustración 27: Ensayo de Alabeo de las Unidades Propuestas y Convencionales.....	60
Ilustración 28: Ensayo de Variación Dimensional de las Unidades Propuestas y Convencionales	60
Ilustración 29: Ensayo de Densidad de las Unidades Propuestas y Convencionales	61
Ilustración 30: Ensayo de Absorción de las Unidades Propuestas y Convencionales	61
Ilustración 31: Ensayo de Succión de las Unidades Propuestas y Convencionales	62
Ilustración 32: Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Unidades Propuestas y Convencionales	63
Ilustración 33: Elaboración de Muretes de las Unidades Propuestas y Convencionales	64
Ilustración 34: Elaboración de las Pilas de las Unidades Propuestas y Convencionales	64
Ilustración 35: Falla de Muretes de Ladrillos convencionales y Unidades Propuestas.....	92
Ilustración 36: Falla de Pilas de ladrillos convencionales y unidades propuestas.....	93

Lista de gráficos

Gráfico 1: Resultados de Variación Dimensional en lo Largo de las Unidades Propuestas ...	72
Gráfico 2: Resultados de Variación Dimensional en lo Ancho de las Unidades Propuestas..	73
Gráfico 3: Resultados de Variación Dimensional en lo Alto de las Unidades Propuestas	73
Gráfico 4: Resultados de Alabeo Cara Arriba de las Unidades Propuestas	75
Gráfico 5: Resultados de Alabeo Cara Abajo de las Unidades Propuestas.....	75
Gráfico 6: Resultados de Densidad de las Unidades Propuestas	77
Gráfico 7: Resultados de Absorción de las Unidades Propuestas.....	78
Gráfico 8: Resultados de Succión de las Unidades Propuestas.....	79
Gráfico 9: Resultados de la Resistencia a la Compresión de las Unidades Propuestas	81
Gráfico 10: Resultados de Resistencia al Corte Diagonal con Muro de Albañilería	82
Gráfico 11: Resultados de Rotura con Pilas de las Unidades Propuestas	83
Gráfico 12: Comparación de Resultados de la Absorción	91
Gráfico 13: Comparación de Resultados de la Succión	91
Gráfico 14: Comparación de Resultados de la Resistencia a la Compresión	93
Gráfico 15: Comparación de Resultados con Investigaciones	94
Gráfico 16: Comparación de Resultados de Costo por unidad	96

Resumen

La presente investigación plantea como propuesta, la elaboración de unidades de albañilería sin cocción a base de arcilla con la adición de fibra de cabuya y cemento tipo I como alternativa al uso de los ladrillos convencionales que requieren del proceso de cocción. El objetivo general es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades a base de arcilla sin cocción adicionadas con 10%, 15% y 20% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I. Además, se busca contribuir al ámbito técnico, social y ambiental. Para ello, se obtuvo el suelo de la ladrillera ubicada en el distrito José Leonardo Ortiz Av. Chiclayo N°817 y se analizaron sus propiedades de granulometría, índice de plasticidad y contenido de sales. También se realizó un tratamiento a la fibra para retirar todas las impurezas y contar con el tamaño requerido. Posteriormente, se elaboraron las unidades tomando en cuenta el diseño de mezcla para los ladrillos propuestos que están compuestos con la incorporación de 10%, 15% y 20% de fibra y 25% de cemento tipo I. Luego, secaron por 28 días y se realizaron ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas. Según los resultados obtenidos, los ladrillos convencionales tienen un peso de 2,8 kg, absorción de 20,2%, succión de 112 kg/cm² y resistencia a la compresión de 1,3 MPa. Los datos obtenidos en comparación con las unidades de albañilería propuestas tienen un peso de 3,6 kg, absorción de 18,65 %, succión de 45 kg/cm² y resistencia a la compresión de 5,3 MPa. Por ende, se concluyó que la óptima dosificación, de acuerdo con los valores obtenidos y la norma E070, es la del 20% de fibra de cabuya.

Palabras clave: Ladrillos convencionales, Unidad de albañilería sin cocción, Fibra de cabuya

Abstract

This research proposes the development of non-fired masonry units made of clay with the addition of cabuya fiber and Type I cement as an alternative to the conventional fired bricks. The main objective is to evaluate the physical and mechanical properties of the clay-based, non-fired units with the addition of 10%, 15%, and 20% cabuya fiber and 25% Type I cement. Additionally, the research aims to contribute to the technical, social, and environmental fields.

The soil for the study was obtained from the brick factory located at José Leonardo Ortiz District, Chiclayo Avenue No. 817, and its properties were analyzed for granulometry, plasticity index, and salt content. The cabuya fiber was treated to remove all impurities and ensure the required size. Subsequently, the units were prepared considering the mix design for the proposed bricks, incorporating 10%, 15%, and 20% fiber and 25% Type I cement. The units were then air-dried for 28 days, and tests were conducted to determine their physical and mechanical properties.

According to the results obtained, conventional bricks have a weight of 2.8 kg, absorption of 20.2%, suction of 112 kg/cm², and compressive strength of 1.3 MPa. In comparison, the proposed masonry units have a weight of 3.6 kg, absorption of 18.65%, suction of 45 kg/cm², and compressive strength of 5.3 MPa. Therefore, it was concluded that the optimal dosage, based on the values obtained and the E070 standard, is the 20% cabuya fiber mix.

Keywords: Conventional bricks, Unfired masonry units, Cabuya fiber

Introducción

En la actualidad, se ha observado un aumento significativo del crecimiento demográfico en las zonas urbanas a nivel mundial, lo que ha resultado en una mayor demanda de producción de materiales, en particular de ladrillos. Estas unidades son las más utilizadas en las construcciones, y aunque su producción aporte de manera positiva al sector económico también causa un impacto en el ambiente afectando a la flora, fauna, suelo, seres humanos y aire especialmente.

De acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los riesgos de presentar impactos negativos en el sistema respiratorio debido a la contaminación del aire son elevados. En este sentido, la fabricación de ladrillos es una actividad que representa una contribución a la contaminación del aire, ya que su proceso de producción requiere el uso de hornos que emiten gases tóxicos por el combustible quemado. [1]

En cuanto a la situación a nivel mundial, en México las ladrilleras son una fuente importante de empleo, produciendo aproximadamente 500 mil millones de unidades por año para la construcción. Sin embargo, se debe considerar las afectaciones a la salud de los trabajadores y pobladores cercanos, relacionado al tiempo de cocción, el tipo de combustible y el tipo de horno utilizado. [2]

En la ciudad de Bogotá, se realizó una investigación sobre la Asociación Nacional de Fabricantes de Ladrillo y Productor en Arcilla, la cual reveló la falta de innovación y conocimiento en el proceso de producción y la falta de información sobre alternativas sostenibles que existen en el mercado. [3]

Así mismo, Ospina Miguel plantea una solución elaborando ladrillos a base de cemento, arena y fibra de coco, lo que lo convierte en un material alternativo con propiedades estructurales buenas y mejoradas para el medio ambiente y los habitantes de bajos recursos. [4]

En el Perú existen alrededor de 2,000 empresas ladrilleras, de las cuales el 20% son formales y el 80% son informales. En total, estas fábricas producen 9.5 millones de toneladas de ladrillos, equivalentes a 1600 millones de soles, según la Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú (ALACEP). Debido al crecimiento demográfico, se estima que la fabricación de ladrillos se rompa en un 2% a 3%, y la demanda se concentrará principalmente en la costa incaica, como Piura, Chiclayo, Trujillo, Ica, Lima y Arequipa. [5]

El Programa Regional de Aire Limpio [6], describe las tecnologías utilizadas para la fabricación de ladrillos, que incluyen hornos escoceses o intermitentes con parrillas o canales para colocar el combustible. Los insumos utilizados para la combustión incluyen llantas usadas,

bagazo de caña, aceites quemados y leña, lo que causa enfermedades respiratorias en los trabajadores y residentes cercanos a las fábricas ladrilleras. (Anexo 1)

En el departamento de Lambayeque, se encontraron 115 fábricas de ladrillos ubicadas en Ferreñafe, Chiclayo, José Leonardo Ortiz, Monsefú y Lambayeque (Anexo 2). La concentración de estas empresas es en el Distrito de José Leonardo Ortiz, donde el promedio de trabajadores por la producción de unidades es de 7, obteniendo un ingreso promedio de 400 soles por quema, lo que causa enfermedades respiratorias debidas a las emisiones tóxicas del proceso de quemado. [6]

Aunque la tecnología para elaborar materiales de construcción ha ido avanzando, en algunas partes del Perú siguen utilizando materiales como el adobe que presentan bajas resistencias a la compresión, así como se ha registrado en el Censo del 2017 indicando que en el Distrito de la Victoria existen 655 casas de techos con materiales precarios, 531 casas con paredes externas del mismo material y 136 casas con pisos de tierra. [7]

Por esta razón, la búsqueda de alternativas viables en la fabricación de ladrillos se ha vuelto una necesidad urgente, no solo por el impacto ambiental sino también por el impacto en la salud de los residentes cercanos a las ladrilleras.

La investigación propone una alternativa óptima para el uso de ladrillos convencionales, que requieren del proceso de cocción. Esta alternativa se fundamenta en el uso de unidades de albañilería sin cocción a base de arcilla incorporadas con fibra de cabuya y cemento tipo I, las cuales cumplirán con la clasificación adecuada como Tipo I según la norma E070.

Formulación del problema

La formulación del problema responde la siguiente pregunta: ¿Las unidades de albañilería sin cocción elaborados a base de arcilla con incorporación de fibra de cabuya y cemento obtienen mejores propiedades mecánicas y son una alternativa óptima al uso de ladrillos convencionales?

Justificación de la investigación

El presente proyecto se justifica por los siguientes motivos:

Justificación Técnica

La investigación realizada muestra cómo la utilización del cemento tipo I y fibra de cabuya en la elaboración de unidades de albañilería sin cocción puede ser una alternativa viable en

comparación con la producción de ladrillos convencionales que requiere de un proceso de cocción. Además, se evaluaron las unidades de albañilería propuestas, asegurando que cumpla con los requisitos Norma de Albañilería E0.70. Con esta propuesta se estaría promoviendo el uso de un material apto y adecuado para la construcción.

Justificaciòn Social

La utilización de la incorporación del cemento tipo I y fibra de cabuya en la fabricación de las unidades propuestas no solo mejora la resistencia de las estructuras, sino que también contribuye a la seguridad de las personas al evitar el uso de unidades de baja calidad. Además, la fibra de cabuya es un material natural y su obtención no requiere de altos costos, por lo tanto, es en una alternativa viable para la construcción.

Otro beneficio de esta propuesta es la reducción de las emisiones contaminantes generadas por el proceso de quemado de los ladrillos convencionales, que utilizan combustibles como cáscara de café, bagazo de caña y aserrín. Al utilizar la técnica de unidades de albañilería sin cocción, se evita la emisión de gases tóxicos y partículas contaminantes que causan afectaciones a la salud de residentes y trabajadores. Por lo tanto, esta propuesta no solo mejora las propiedades físico-mecánicas, sino que también contribuye a minimizar la contaminación.

Justificaciòn Ambiental

Como el clima del Perú se encuentra en un gran desequilibrio a causa de los gases de efecto invernadero, al plantear utilizar cemento tipo I y fibra de cabuya en la elaboración de unidades de albañilería sin cocción se estaría contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental, especialmente la del aire. Como se mencionó anteriormente, las ladrilleras convencionales emiten gases contaminantes durante el proceso de cocción provocando una contaminación al aire. Es por eso, que al utilizar cemento como conglomerante, se elimina la necesidad de cocción, lo que contribuye a la disminución de emisión de gases.

Objetivos de la investigación

Objetivo general:

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería sin cocción a base de arcilla incorporados con fibra de cabuya de 10%,15% y 20%, y cemento tipo I con proporción de 25%.

Objetivos específicos:

- Identificar las propiedades del suelo para obtener la granulometría, índice de plasticidad y contenido de sales según los requerimientos de la NTP 339.128, NTP 339.129 y NTP 339.152.
- Diseñar las mezclas para la fabricación de las unidades de albañilería sin cocción con fibra de cabuya de 10%,15% y 20%, y cemento tipo I con proporción de 25%.
- Realizar los ensayos de las unidades de albañilería con fibra de cabuya de 10%, 15% y 20% y cemento tipo I con proporción de 25% según los requerimientos de la Norma E0.70.
- Comparar las propiedades físicas y mecánicas obtenidas de las unidades de albañilería propuestas con los ladrillos convencionales.
- Determinar el porcentaje óptimo de la adición de fibra de cabuya para obtener mejores propiedades mecánicas y cumplir con los parámetros establecidos en la norma E070.
- Realizar la comparación de costos de un ladrillo convencional con la unidad de albañilería obtenida según la resistencia.
- Describir el procedimiento de fabricación de las unidades de albañilería propuestos.

Revisión de literatura

Antecedentes

López X. y Torbisco D. [8], abordan la problemática del Distrito de Abancay, donde destacan que la población rural en el Perú utiliza adobes con bajas resistencias a la compresión y flexión, y que se deterioran rápidamente debido a factores externos. Para mejorar estas condiciones, realizó una investigación con el objetivo de diseñar una mezcla que mejore las propiedades mecánicas de los adobes utilizando la fibra de cabuya. Para esto, se realizaron ensayos para evaluar la resistencia a tracción de la fibra, las propiedades de la tierra utilizada (olor, color, brillo, sedimentación, presencia de arcilla, análisis granulométrico, determinación de límite líquido y plástico) y las propiedades del adobe (compresión y flexión). A partir de estos ensayos, analizaron cinco muestras con diferentes proporciones: sin fibra, con 1.5%, 1.75%, 2%, y 2.5% de fibra. El adobe con una adición de 1.75% de fibra mostró una resistencia a la flexión de 2.91 kg/cm² y la compresión de 12.40kg/cm², lo que representa un aumento del 12.30% y 39.79%, respectivamente, en comparación con el adobe sin fibra. Como conclusión, la investigación demostró que la adición de la fibra mejoró las propiedades mecánicas del adobe, y también produjo un cambio en el tipo de falla de frágil a dúctil.

Huamani F. y Monge E. [9], abordaron el tema de Lircay, donde los procesos de producción en el sector de la construcción tienen un impacto significativo en el medio ambiente. Para reducir los costos y el impacto ambiental, su investigación propone el uso de materiales orgánicos, específicamente fibra de cabuya, en el concreto. El estudio involucró pruebas como granulometría, absorción, humedad, resistencia a la compresión y análisis de costos. Los resultados mostraron que el concreto con 4% de fibra de cabuya tuvo resistencias a la compresión de 212kg/cm² y 177kg/cm² a los 28 días para resistencias objetivo de 210kg/cm² y 175kg/cm², respectivamente. El análisis de costos mostró una diferencia de 0,32 % para una resistencia de 210 kg/cm² y 0,35 % para una resistencia de 175 kg/cm². La conclusión fue que la incorporación de fibra mejora la resistencia a la compresión y la seguridad del hormigón durante los sismos, impidiendo que el hormigón se derrumbe. Además, dado que la fibra de cabuya está fácilmente disponible en la región, se puede utilizar para muchas de construcción.

Palacios M., Castillo T. et al. [10], abordan la problemática de las zonas rurales de Ecuador donde la población habita en casas poco resistentes debido a los materiales tradicionales utilizados en su construcción. El objetivo de su investigación fue proponer una solución para

aumentar la resistencia a la compresión mediante el uso de insumos económicos para la construcción de superadobes. Para lograrlo, se realizaron ensayos para analizar las propiedades de los materiales, incluyendo la granulometría, el contenido de humedad, la densidad, el índice de plasticidad y la resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos indicaron que la dosificación con la mayor resistencia a la compresión a los 28 días consistió en 250 kg de suelo, 62,5 kg de cemento y 76,6 kg de agua, con un valor de 20,34 MPa. Además, se concluyó que una dosificación con una mayor proporción de cemento tiende a tener una mejor resistencia a la compresión, la cual continúa aumentando durante el proceso de fraguado. En conclusión, el uso de estos superadobes resulta conveniente y seguro, y puede mejorar la calidad de vida de la población rural en términos de seguridad estructural. Proporcione una solución asequible y accesible para construir viviendas más resistentes en las zonas rurales de Ecuador.

Damiani C., Cáceres S. et al. [11], abordan la problemática de la contaminación en Colombia, donde el caucho se destaca como uno de los residuos más contaminantes y abundantes en la zona. Este material se utiliza como combustible en el proceso de quema de ladrillos, lo que genera contaminación del aire para los habitantes cercanos. Para solucionar este problema, propone la creación de una unidad de hormigón utilizando fibras de caucho reciclado, con el objetivo de reducir la contaminación y obtener un material económico. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo ensayos de granulometría, alabeo, absorción, densidad, módulo de ruptura y resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos indicaron que la dosificación óptima consiste en utilizar un 25% de cemento y un 15% de fibra de caucho, lo cual proporciona una resistencia a la compresión de 155 kg/cm² y una densidad de 1,92 g/cm³. En conclusión, se destaca que la creación de una unidad de hormigón con fibras de caucho reciclado es una solución efectiva para reducir la contaminación en Colombia, al tiempo que se obtiene un material económico y de calidad. Esta propuesta contribuye a la apariencia del medio ambiente y al manejo adecuado de los residuos de caucho en el país.

Getaneh S. y Mekonnen A. [12], narra la problemática de New York; donde los materiales de biocompuesto se están utilizando con mayor frecuencia para el sustituto del plástico, aunque presentan problemas frente al deterioro de su vida útil afectando las propiedades mecánicas. Es por eso que realizó un material con superficie hidrofóbica reforzada con polipropileno con fibras de sisal de 0%, 5%, 10%, 15% y 20%. Para ello se realizaron los ensayos de composición química de la fibra, de biodegradabilidad, resistencia química, resistencia a la tracción y de absorción. Obteniendo como resultados la composición química de las fibras sin tratar que fue 41.96±1.82% de celulosa, 41.14±1.14% de hemicelulosas, 10.40±1.32% de lignina y

6.50±0.15% extractivo; también de las fibras tratadas que es 70.20±4.77% de celulosa, 14.50±0.50% de hemicelulosas, 13.10±2.26% de lignina y 2.50±0.23% extractivo. Con respecto a la biodegradación de cada muestra perdieron peso de 11%, 4.62%, 7.15% y 10.97%; además la resistencia a la tracción es de 19.9 MPa para la muestra de 15% de fibra y la resistencia química para las fibras sin tratar tienen una pérdida de peso de 0.419%, 3.183%, 9.163% y 10.131% para muestras de 0%, 5%, 10% y 15%; y las fibras tratadas tienen pérdida de peso de 1.203%, 6.592% y 8.834% para muestras de 5%, 10% y 15%. Llegó a la conclusión que la mejor composición para propiedades mecánicas y fisicoquímicas es del 15% de fibra tratada, obteniendo un material superhidrofóbico que presenta propiedades de autolimpieza y baja humectabilidad que puede ser utilizado en áreas susceptibles a la humedad.

Ospina M. [4], aborda el problema de la necesidad de utilizar materiales innovadores en Bogotá que presentan propiedades físicas y mecánicas adecuadas, sean asequibles y respetuosos con el medio ambiente. Su estudio se centra en la adición de fibra de coco, con el objetivo de mejorar las propiedades estructurales y ambientales del material utilizado en la construcción. Para lograr este propósito, se llevaron a cabo ensayos de granulometría y ensayos físicos y mecánicos en tres muestras con adiciones de 0%, 0,5% y 1% de fibra de coco. Los resultados obtenidos con la adición del 1% de fibra mejoró la resistencia en un 193% en comparación con un bloque sin fibra, alcanzando una resistencia a la compresión de 5,98 MPa. Además, cuando este material experimenta una falla, se mantiene cohesionado en comparación con el bloque sin fibra. En conclusión, este material puede ser utilizado en la construcción de mampostería no estructural, ya que cumple con las normas establecidas. Su incorporación proporciona mejoras en la resistencia y la capacidad de mantenerse unido durante las fallas, al mismo tiempo que contribuye a la sostenibilidad ambiental debido a su origen renovable y su bajo impacto en el medio ambiente.

Melvin V., Meysam N. et al. [13], describe la problemática en Estados Unidos de la utilización de fibras sintéticas en la elaboración de concreto, las cuales contribuyen a sus propiedades pero deterioran la huella de carbono, además de tener un precio y disponibilidad limitadas. El objetivo es mejorar las propiedades de los compuestos cementosos mediante la mejora de fibra de sisal recubierta con resina de poliéster y goma laca. Para lograr esto, realizaron ensayos para evaluar las propiedades mecánicas del material, obteniendo resultados que muestran una resistencia a la compresión de 43.93MPa, 42.67MPa y 38.78MPa para la ampliación de fibra sin recubrir en proporciones de 0.8%, 1.4% y 2% respectivamente. Con fibras recubiertas, los valores fueron de 43.54MPa, 38.14MPa y 34MPa. En cuanto a la

resistencia a la tracción, se obtuvieron valores de 3.92MPa, 4.12MPa y 4.10MPa para la fibra sin recubrir, y 3.95MPa, 4.13MPa y 4MPa para la fibra recubierta. Se concluyó que la adición de fibra de sisal mejora las propiedades mecánicas en un 20% a la tracción y 42% a la flexión.

Calderon S., Silva P. et al. [14], describe la problemática en Ecuador, donde las fibras sintéticas son ampliamente utilizadas para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. El objetivo de su fue analizar la influencia de las fibras sintéticas y naturales en las propiedades mecánicas del estudio. Para ello, se llevaron a cabo pruebas de asentamiento, resistencia a la compresión y tracción. Los resultados mostraron que con la mejora de fibra al 1% a los 28 días, se preparó una resistencia a la compresión de 29.3MPa, resistencia a la tracción de 3.7MPa y resistencia a la flexión de 4.4MPa. Concluyendo que el concreto con fibra es un 20% menos trabajable que el concreto nominal, pero que mejora la resistencia a la compresión en un 6% y la resistencia a la tracción en un 4%.

Bases teóricas

Bases legales

Reglamento Nacional de Edificaciones 2006. Norma E0.70: Albañilería

Según lo establecido por la Norma, se tienen requisitos mínimos para la evaluación de la reparación y reforzamiento de construcciones, así como el análisis, diseño y control de calidad en construcciones de albañilería armada y confinada. [15]

Normas Técnicas Peruanas

Norma Técnica Peruana NTP 339.128: Suelo.Método de ensayo para análisis granulométrico

Esta Norma presenta el análisis granulométrico del suelo. [16]

Norma Técnica Peruana NTP 339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido,plástico e índice de plasticidad del suelo

Esta Norma detalla los métodos de ensayo que se utilizan en dicha prueba. [17]

Norma Técnica Peruana NTP 339.152: Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea

En esta norma se detalla el método de extracción utilizada en dicha prueba. [18]

Norma Técnica Peruana NTP 331.017: Elementos de arcilla cocida

Esta Norma presenta la clasificación, definiciones, requisitos y dimensiones para la elaboración de ladrillos. [19]

Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado en Albañilería

Esta Norma describe los ensayos que se deben realizar a las unidades de albañilería. [20]

Norma Técnica Peruana NTP 399.613: Métodos de muestreo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

Esta Norma decreta los procedimientos para el muestreo y recepción de las unidades de albañilería. [21]

Norma Técnica Peruana NTP 399.621: Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería

En esta norma se detalla el método para determinar la resistencia al corte, mediante la aplicación de una carga en diagonal. [22]

Norma Técnica Peruana NTP 399.605: Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería

En esta norma se detalla la fabricación, ensayo de prismas y cálculos para determinar la resistencia en compresión. [23]

Sistemas de Albañilería

Se refiere a las edificaciones de albañilería, que son aquellas construcciones en las que se han utilizado materiales como ladrillos de arcilla, sílice-cal o bloques de hormigón para soportar cargas y transmitir las a elementos estructurales como muros y vigas. Estas construcciones pueden ser armadas o confinadas, y requieren un diseño y construcción adecuados para asegurar su estabilidad y resistencia a diferentes cargas y eventos sísmicos.

Tipos de Albañilería

Por la Función Estructural

Los Muros No Portantes, no tienen la función de soportar cargas verticales, como las estructuras de la edificación, sino que se utilizan para otros propósitos como los cercos, parapetos y tabiques. Estos elementos están diseñados para resistir cargas laterales de viento, sismo y empuje. Los tabiques, en particular, son elementos construidos con ladrillos pandereta, que disminuyen el peso de la edificación, y se unen mediante mortero.

Los Muros Portantes, se caracterizan por recibir todo tipo de carga ya sea vertical, perpendicular, permanente y eventual. Este tipo de elementos estructurales se encuentran en las edificaciones.

Por la Distribución del Esfuerzo

Los Muros No Reforzados o también llamados Albañilería Simple, se caracteriza por no presentar refuerzo horizontal ni vertical, lo que la hace menos resistente y más vulnerable ante cargas sísmicas y otros factores de riesgo. Por esta razón, este tipo de construcciones son limitadas a edificaciones de baja altura y deben estar ubicadas en suelos con buena calidad y capacidad portante para minimizar el riesgo de colapso.

Los Muros Reforzados pueden ser:

Muros Armados son los que llevan refuerzo horizontal y vertical al interior de la albañilería, para esto se necesitará de unidades especiales que tengan alveolos en los cuales se podrá colocar el refuerzo vertical y utilizar un mortero fluido o concreto fluido dependiendo del tamaño de los huecos de la unidad.

Muros Laminares están conformados por una placa delgada de concreto armado, que tiene un espesor entre 1 a 4 pulgadas, y se refuerzan con una malla de acero. Estos muros pueden estar diseñados con o sin la presencia de muros no reforzados en su interior. Este tipo de muros se utiliza en construcciones donde se requiere una alta resistencia a las cargas laterales, como sismo o vientos fuertes.

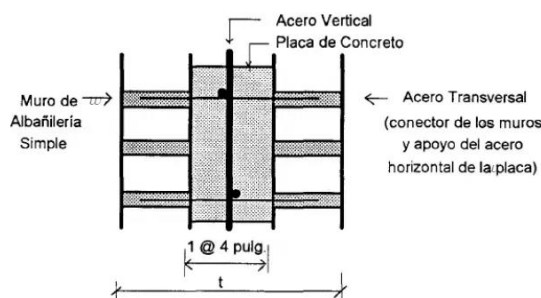


Ilustración 1: Muros Laminares

Fuente: Ángel San Bartolomé [24]

La Albañilería Confinada es el más empleado para edificaciones de hasta 5 pisos, se caracterizan por estar conformada por muros no reforzados enmarcados por concreto armado y utilizando conexiones dentadas o a ras para la unión con las columnas. [24]

En caso de optar por la primera opción la unidad no debe exceder los 5cm de la parte sobresaliente y debe estar libre de restos de mortero. En caso se seleccione la segunda opción, se debe añadir mechas de anclaje con varillas de 6mm de diámetro, las cuales deben penetrar como mínimo 40cm en la albañilería y 12.5cm en la columna más un doblez vertical de 10cm a 90 grados.

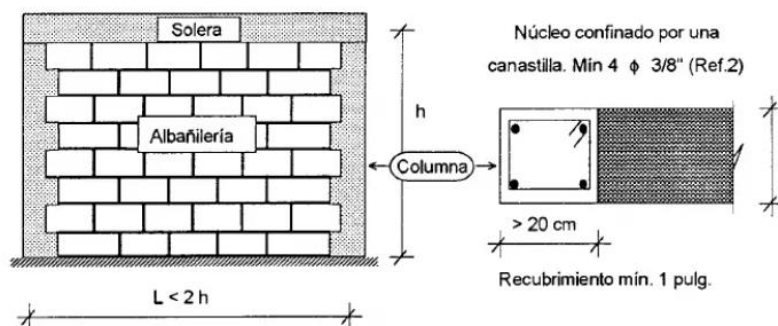


Ilustración 2: Albañilería Confinada

Fuente: Ángel San Bartolomé [24]

Unidades de Albañilería

La Norma E0.70, nos indica que existen ladrillos que tienen como materia prima a la arcilla, concreto o sílice-cal; las cuales por sus huecos son sólidas, huecas, alveolares o tubulares.

Además, se caracterizan por su trabajabilidad que puede ser con una sola mano y en caso de los bloques con dos manos.

San Bartolomé A. et al. [25]; nos indican que existen dos clasificaciones de los ladrillos por sus huecos, dimensiones, materia prima y fabricación.

Clasificación por sus dimensiones

Nos indica que los ladrillos son utilizados para albañilería confinada y los bloques para albañilería armada contando con las siguientes dimensiones.

	Ladrillos	Bloques
Ancho	11 a 14cm	14 a 20 cm
Largo	22 a 29cm	20 a 40 cm
Alto	6 a 9cm	10 a 25 cm
Peso	2 a 6kg	8 a 14kg

Tabla 1: Clasificación por sus dimensiones

Fuente: Ángel San Bartolomé [25]

Clasificación por su fabricación y materia prima

La materia prima es el concreto, sílice-cal y arcilla, el proceso para la fabricación puede ser de manera artesanal como industrial para unidades de arcilla y concreto, pero para ladrillos de sílice- calcáreo solamente puede ser fabricado de forma industrial.

Unidades de Arcilla

Tiene como materia prima a las arcillas que pueden ser calcáreas obteniendo ladrillos de color amarillentos y no calcáreas obteniendo unidades de color rojizo. Se recomienda que la arcilla este compuesta con arena y limo, ya que ayuda a que no se generen fisuras al momento del secado.

Con respecto a la fabricación se puede elaborar de manera artesanal, semi-industrial e industrial obteniendo diferencias de dimensiones y resistencia. Este proceso empieza con la obtención de la arcilla en la cantera mediante picos, palas y carretillas si se elabora de manera artesanal o palas mecánicas de forma industrial; para llevarlo a tamizar por mallas metálicas para eliminar piedras o algún residuo no deseado. Posteriormente se procede a la molienda apisonada si es artesanal o molinos de manera industrial, luego sigue el mezclado de la arcilla, arena y agua dejándolo reposar por un día.

A continuación, en el moldeado se requiere de colocar fuerza sobre el molde de manera manual (proceso artesanal), utilizando prensas manuales (proceso semi-industrial) o prensas hidráulicas (proceso industrial). En el proceso de secado si se realiza de forma artesanal se dejan las unidades en un tendal y si es industrial son colocadas en hornos con temperaturas de hasta 200°C.

En el proceso de quemado se utiliza leña y petróleo para los hornos, teniendo una duración que se encuentra entre los 3 y 5 días.

Unidades de Concreto

Está compuesto por cemento, arena y piedra chancada de $\frac{1}{4}$ ", para que el bloque o ladrillo no se desmorone al momento de desmoldear la mezcla debe ser seca y su utilización debe ser después de los 28 días para evitar la contracción del concreto.

Con respecto a su fabricación primero se hace la mezcla a mano si se realiza de manera artesanal o con maquinaria su es industrial. Posteriormente, el moldeo artesanal se realiza utilizando moldes metálicos y pisones para compactar la mezcla, para el desmolde se debe hacer en un tendal sobre arena fina y deben ser curadas dos veces al día por 7 días para que no pierda resistencia, en este proceso se obtienen 200 unidades diarias. El moldeo de forma semi-industrial se realiza mediante ponedoras portátiles obteniendo 5000 bloques por día y el molde industrial utilizando máquinas producen 80000 unidades diarias.

Unidades sílice-calcáreas

Están conformadas por 10% de cal hidratada y 90% de arena conteniendo un 75% de sílice.

Su fabricación empieza con la mezcla de los materiales con agua y se almacenan en silos durante 3 horas para poder hidratar la cal, posteriormente son moldeadas por prensas hidráulicas y curadas en una cámara de vapor con la finalidad de que la cal reaccione con la sílice obteniendo silicato cálcico hidratado, para formar unidades con alta resistencia a la compresión.

Clasificación por sus huecos

Unidades sólidas y huecas

Se conoce como unidades sólidas a las que sus ranuras no superan el 30% del área bruta, en cambio las unidades huecas si superan este porcentaje. Los ladrillos que presentan huecos son los elaborados de manera industrial conteniendo de 18 a 24 perforaciones o ranuras para ladrillos de concreto.

Unidades alveolares

Son utilizados para albañilería armada rellena con grout o mortero fluido, ya que presenta grandes orificios ubicados perpendicularmente en la superficie de asiento.

Unidades tubulares

Son utilizadas para muros no portantes ya que no son resistentes al sismo y presentan huecos en la cara paralela.

Clasificación de los ladrillos por su uso

Según la Norma Técnica Peruana 331.017 nos indica los cinco tipos según sus propiedades [19]:

Tipo I: Se utiliza para construcciones con condiciones mínimas de servicio, tiene una durabilidad y resistencia muy bajas.

Tipo II: Se utiliza para construcciones con condiciones moderadas de servicio, tiene una durabilidad y resistencia bajas.

Tipo III: Se utiliza para construcciones de uso general, tiene una durabilidad y resistencia media.

Tipo IV: Se utiliza para construcciones con condiciones rigurosas de servicio, tiene una durabilidad y resistencia altas.

Tipo V: Se utiliza para construcciones con condiciones particularmente rigurosas de servicio, tiene una durabilidad y resistencia muy altas.

Tipos de procesos en la fabricación de ladrillos

Según la Norma Técnica Peruana 331.017 nos indica que existen dos formas para la producción de esta unidad [19]:

Artisanal: este proceso se caracteriza por ser elaborado de manera manual, es decir, que es moldeado por el hombre en este caso al momento del desmolde se necesita del uso de arena o agua para evitar la adherencia al molde. Además, estas unidades se caracterizan por tener variaciones entre ellas.

Industrial: en este caso se utiliza maquinaria para el amasado, moldeo y prensado; además se emplean hornos más sofisticados para el proceso de cocción, los cuales tienen un mejor control de la temperatura obteniendo una mejor calidad y se caracterizan por tener un acabado uniforme.

Tipos de Hornos

Según Paéz J., nos indica los diferentes hornos que existen para la fabricación de ladrillos. [26]

Hornos intermitentes: son pequeños utilizados para producir pocos lotes de ladrillos, teniendo como deficiencia la pérdida de calor en el proceso. Para este tipo de proceso se empieza con el precalentado y entrada del producto, después la cocción y finalmente el enfriamiento y salida.

Horno de Fuego Dormido: es uno de los hornos que generan mayor contaminación en la quema ya que no cuenta con un control adecuado, además de producir ladrillos de baja calidad. Con respecto a su forma es circular y cuenta con una bóveda en la parte superior, la cual se encuentra abierta.



Ilustración 3: Horno de Fuego Dormido

Fuente: Paéz Jairciño [26]

Horno árabe: tiene una forma rectangular y se caracteriza por tener la parte superior abierta, esto trae como consecuencia una mayor contaminación y en el proceso una pérdida de calor requiriendo de más combustible para llegar a la temperatura optima.



Ilustración 4: Horno Árabe

Fuente: Paéz Jairciño [26]

Horno colmena: está conformada por una bóveda elaborada con ladrillos y recamaras circulares o rectangulares. Para el proceso el material no tiene contacto con los combustibles utilizados ya que se encuentran en las paredes, teniendo como consecuencia una mejor calidad de los ladrillos.



Ilustración 5: Horno Colmena

Fuente: Paéz Jairciño [26]

Hornos continuos: son más económicos y producen varios lotes de ladrillos en poco tiempo, se caracteriza por tener un fuego constante y no se pierde calor en el proceso ya que al mismo tiempo que sale un lote entra otro para utilizar el calor del anterior lote.

Horno Hoffmann: está conformado por varias galerías continuas que se encuentran conectadas para tener un fuego constante y aprovechar la temperatura en el proceso, además cómo funcionan las 24 horas del día la producción de ladrillos se da en grandes cantidades.



Ilustración 6: Horno Hoffmann

Fuente: Paéz Jairciño [26]

Horno de cámara: está conformado por un túnel que se encuentra dividido en varias secciones para las diferentes etapas en el proceso de cocción. Empieza con el precalentamiento por 1 a 3 días, luego pasan a estar en contacto con el fuego y finalmente el enfriamiento para ser retirados del horno.



Ilustración 7: Horno de Cámara

Fuente: Paéz, Jairciño [26]

Horno de túnel: está conformado por un túnel por donde pasan los ladrillos en una plataforma de manera horizontal y despacio, se encuentra dividido en tres zonas para el precalentamiento, cocción y enfriamiento. En este proceso no se pierde energía ya que al momento que un lote se está cocinando otro se va precalentando con el calor emanado, es por eso que este tipo de horno tiene un mejor control.



Ilustración 8: Horno Túnel

Fuente: Paéz, Jairciño [26]

Materiales usados como combustible

Según el Programa Regional de Aire Limpio [6] en Lambayeque se utilizan los siguientes materiales.

Cáscara de café

Es utilizada por su óptima capacidad calorífica, aunque no es muy usada ya que depende de las temporadas.

Según el análisis hecho por el Ministerio de la Producción [27], es un material que se arroja en el proceso del quemado paulatinamente para acelerar el encendido del horno.

Llantas usadas

Es uno de los materiales más utilizados en la quema, porque son fáciles de conseguir en el parque automotor. En este caso se utiliza un aproximado de 40 unidades para este proceso.

El Ministerio de la Producción en Perú [27], nos indica que el uso de este material se puede hacer en trozos como enteras y el tiempo de cocción es de dos días y medio dependiendo de la cantidad de ladrillos colocados en el horno. Además, es uno de los más contaminantes ya que emanan gases tóxicos con un riesgo alto cancerígeno.

Aserrín

Son los residuos de la serraría de la madera, es uno de los combustibles más utilizado en el proceso de cocción.

Según el Ministerio de Producción [27], se utiliza este material así como la cáscara de café para acelerar el proceso de encendido del fuego.

Emisiones por la fabricación de ladrillos

Según Warner y Wark [28], los contaminantes emitidos en la cocción de ladrillos son:

Material Particulado

Es aquel compuesto por silicatos, aluminatos y metales pesados, los cuales están relacionados con el hollín. En este caso, produce enfermedades respiratorias y afecta a la coagulación de la sangre ocasionando muertes prematuras para las personas con problemas al corazón y pulmón.

Monóxido de Carbono

Cuando se encuentra en bajas concentraciones no es tóxico y se obtiene mediante la combustión incompleta, pero cuando se eleva la concentración es tóxico ocasionando problemas en la sangre, en el funcionamiento psicomotor y afecta también a los animales en el cerebro y corazón.

Dióxido de Azufre

Es uno de los gases emitidos en mayor cantidad, es emitido por la quema de combustibles y de manera natural por la actividad volcánica. En consecuencia, afecta a la lluvia produciendo lluvia ácida ocasionando un impacto a las aguas superficiales, suelo y la corrosión de las estructuras metálicas.

Óxidos de Nitrógeno

Es producido por la combustión en altas temperaturas ocasionando una reacción con el nitrógeno y oxígeno que se encuentra en el ambiente. A causa de esto, se presentan enfermedades respiratorias y afecta a la flora de los alrededores ya que disminuye el crecimiento de las plantas.

Componentes del ladrillo sin cocción

Materia Prima

Arcilla

Es el material que se encuentra naturalmente por la degeneración de las rocas ígneas, en caso para la fabricación de materiales de construcción se utilizan arcillas amarillas o rojas con composiciones heterogéneas.

Además, deben ser arcillas plásticas para que al contacto con el agua puedan ser moldeables para dar forma a los ladrillos y tener una suficiente adhesión en sus partículas para mantener su forma al momento del desmolde. [29]

Según la NTP 331.017 es un material pétreo o de mineral terroso, compuesto por silicatos de aluminio hidratados. Además, una arcilla es plástica porque se encuentra saturada y con una granulometría fina, asimismo tiene la característica de cuando se encuentra seca es rígida, pero si es sometida a temperaturas de 1000°C esta se vuelve vidriosa. [19]

Fibras Naturales

Fibra de Cabuya

Se considera una fibra dura y se extraída de las hojas de la planta Sisal, que tienen una longitud de 1 a 2 metros y un ancho de 10 a 15 cm. En cuanto a su cosecha, se realiza en intervalos de 6 a 12 meses para obtener fibras de buena calidad. De estas hojas, se pueden extraer 1000 filamentos de fibras con una buena resistencia y flexibilidad.

Para utilizarla en las construcciones deben presentar características como diámetros que varían entre los 0.26 a 0.07 mm con longitudes que pueden ser de 75 a 65mm.

En caso de su adicción va a influir la longitud, orientación y proporción de la fibra; obteniendo mejoras en las propiedades mecánicas relacionadas con la resistencia, rigidez y dureza. Si la orientación es alineada y continua va a tener una mejor resistencia a cargas que se apliquen paralelas a las fibras. [30]

Fibras	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación Fractura (%)	Absorción de Humedad
Vidrio -S	2.5	2000 - 3500	70	2.5	--
Vidrio- E	2.5	4570	86	2.8	--
Aramida	1.4	3000 - 3150	63 - 67	3.3 - 3.7	--
Carbón	1.4	4000	230 - 240	1.4 - 1.8	--
Cáñamo	1.4	690	35	1.6	8
Yute	1.3	393 - 773	26.5	1.5 - 1.8	12
Ramio	1.5	400 - 938	61.4 - 128	3.6 - 3.8	12 - 17
Coco	1.2	175 - 220	4 - 6	15 - 30	10
Sisal	1.5	511 - 635	9.4 - 22.0	2.0 - 2.5	11
Abacá	1.3	400 - 1289	45	2.7	8 - 10
Lino	1.5	345 - 1035	27.6	2.7 - 3.2	7
Algodón	1.5	393 - 773	26.5	7 - 8	8 - 10

Tabla 2: Propiedades de la Fibra

Fuente: Acevedo Mariel y Luna Maria [31]

Según estudios realizados por Acevedo M. y Luna M. [31], nos indican que el tipo de fibra, el clima, el suelo y la extracción afectan las propiedades de las fibras. Además, se distinguen por tener bajas densidades y propiedades mecánicas ideales para la producción de elementos livianos.

Cemento Portland

Es un polvo fino utilizado mayormente para morteros y hormigón que, al mezclarse con agua, fragua y se endurece a temperatura ambiente, por lo tanto, es un conglomerante hidráulico.

Para mejorar algunas propiedades se le adiciona:

Escoria de horno alto, la cual se obtiene mediante el enfriamiento de una escoria fundida, la cual se obtiene por la fusión de hierro con 2/3 de escoria vítrea.

Puzolanas, las cuales se originan de rocas sedimentarias o de origen volcánico conteniendo una composición química y mineralógica adecuada, que al momento de incorporarlas mejoran algunas propiedades.

Ceniza volante silíceas, son obtenidas en los hornos al momento de quemar carbón pulverizado y pueden ser silíceas con propiedades puzolánicas o calcáreas con propiedades hidráulicas.

Esquistos calcinados, los cuales son obtenidos en hornos con temperatura de 800°C y como se encuentra compuesto de material natural contiene fases del Clinker. [32]

Arena fina

Es un material que está compuesto por partículas que no sobrepasan el tamaño máximo de 1 mm, se utiliza mayormente para la preparación de mezcla de mortero y tarrajeo.

Se debe considerar que para ser utilizada no debe estar en contacto con agua ya que afectaría con el diseño de mezcla, también causaría el efecto de fraguado antes de tiempo en caso tuviera contacto con el cemento. [33]

Normativa para la caracterización del suelo

Ensayo de Granulometría

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana 339.128 en este ensayo se analiza el tamaño de las partículas del suelo utilizando los métodos de tamizado y sedimentación combinados. [16]

Para este ensayo se requiere utilizar los siguientes aparatos:

- Balanza
- Tamices
- Horno con temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$

Con respecto al procedimiento comienza con la toma de una muestra de suelo, que luego se debe lavar con agua a través del tamiz N°200 hasta que no salgan partículas. se extraen las partículas retenidas en el tamiz y se colocan en el horno para analizar posteriormente la porción retenida mediante tamizado.

Ensayo de Límite de Plasticidad

Según la Norma Técnica Peruana 339.129 describe el procedimiento para el ensayo de límite líquido y plástico para la caracterización de los suelos. [17]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Copa de bronce
- Soporte, para asegurar la caída de la copa hasta 10mm.
- Acanalador
- Contenedores con tapas para evitar la pérdida de humedad.
- Balanza
- Placa de vidrio pulido
- Espátula
- Tamiz N°40
- Frasco de lavado o contenedor similar para lavar los finos
- Horno controlado
- Agua destilada

El procedimiento comienza tomando una muestra representativa de suelo y someterla a un proceso de secado y tamizado. Luego, se toma una porción del suelo seco y se mezcla con agua para formar una pasta. Se utiliza la copa de bronce para medir la penetración de un pistón en la pasta, determinando así el límite líquido y el límite plástico del suelo. El resultado final del ensayo es la relación entre el límite líquido y el límite plástico, también conocido como índice de plasticidad.

Ensayo de Contenido de Sales

Según la Norma Técnica Peruana 339.152 en este ensayo se extrae una muestra de suelo acuosa para determinar el contenido de sales en los suelos. [18]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Balanza
- Embudo de filtración
- Pipeta volumétrica de 25ml, 50ml y 100ml de capacidad
- Plancha de calentamiento
- Estufa de secado a 180°C

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Primero se pesa una muestra de suelo de 100gr, la cual debe pasar por el tamiz N°10.

Segundo, se debe añadir 300ml de agua destilada y agitarlo por 1 hora en un envase sellado.

Tercero se deja reposar por 24 horas, para posteriormente filtrar la suspensión, hasta obtener una cantidad de 100ml.

Finalmente se pesa y se coloca en el horno hasta que se haya evaporado el agua y pesarlo nuevamente.

Normativa para la elaboración de los ensayos al material

Ensayo de Variación Dimensional

Según la Norma Técnica Peruana 331.018 y 399.613, este ensayo tiene como objetivo determinar la variación de las medidas de cada lado del ladrillo. [21]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Regla graduada

El procedimiento consiste en tomar medidas de largo, ancho y alto de cada ladrillo, calculando el promedio de cuatro medidas tomadas desde los puntos medios de los bordes de cada cara.

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

$$V = \frac{DE - MP}{DE} * 100$$

Donde:

V: Variación de dimensiones, en porcentaje

DE: Dimensión especificada, en milímetros

MP: Medida Promedio en cada dimensión, en milímetros

Ensayo de Alabeo

Según la Norma Técnica Peruana 331.018 y 399.613, este ensayo indica el valor de la concavidad y convexidad en milímetros. [21]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Dos cuñas de acero graduada
- Pie de rey

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Medición de la concavidad:

Consiste en colocar la regla graduada en diagonal sobre una de las caras mayores del ladrillo y luego se coloca una cuña en el punto donde se presenta la flecha máxima (el punto más hundido de la superficie). Luego se mide la distancia vertical entre la parte inferior de la regla y la parte más profunda de la cuña.

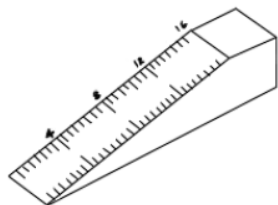


FIGURA 1.- Las medidas están dadas en milímetros

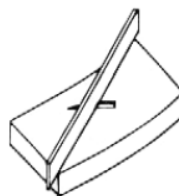


FIGURA 2

Ilustración 9: Medición de concavidad

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.018 [20]

Medición de la convexidad:

En primer lugar, se debe colocar la regla en diagonal sobre una de las caras mayores del ladrillo y luego insertar una cuña en cada vértice, según se ilustra en la figura 3. Luego, se deben colocar las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente, como se muestra en la figura 4, y realizando la medición correspondiente en ambos casos.

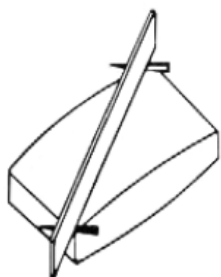


FIGURA 3



FIGURA 4

Ilustración 10: Medición de Convexidad

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.018 [20]

Ensayo de Densidad

La Norma Técnica Peruana 331.018, indica el procedimiento para obtener la densidad del lote de ladrillos que se obtiene de cada espécimen en gr/cm³. [20]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Balanza con capacidad no menor de 2kg.
- Recipiente de agua
- Horno con temperatura entre 110°C y 115°C

El procedimiento para llevar a cabo el ensayo es el siguiente:

En primer lugar, se deben calentar las unidades en el horno, para luego enfriarlas a temperatura ambiente. Luego, se procede a pesar la unidad (G3). En segundo lugar, se sumerge la unidad en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo y se pesa nuevamente (G2). Por último, se seca la unidad con un trapo húmedo y se procede a pesarla por tercera vez (G1).

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

Cálculo del volumen

$$V = G1 - G2$$

Donde:

V: Volumen en centímetro cúbico

G1: masa del espécimen saturado en ebullición en gramos

G2: masa del espécimen saturado sumergido en gramos

G3: masa del espécimen seco en gramos

Cálculo de la densidad

$$D = \frac{G3}{V}$$

Donde:

D: densidad en gramos por centímetro cúbico

Ensayo de Absorción

La Norma Técnica Peruana 331.018 y 399.613, indica el método para obtener la absorción del lote de unidades de albañilería que se obtiene de cada espécimen en porcentajes. [21]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Balanza con capacidad no menor de 2kg.
- Recipiente de agua
- Horno con temperatura entre 110°C y 115°C

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Primero, se calienta las unidades en el horno, para luego enfriarlos a temperatura ambiente, posteriormente se pesa (G3).

Segundo, se coloca la unidad en un recipiente lleno de agua destilada por 24 horas, luego se pesa el espécimen sumergido, (G4).

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

Cálculo del contenido de agua absorbida

$$A = \frac{G4 - G3}{G3} * 100$$

Donde:

A: Volumen en centímetro cúbico

G3: masa del espécimen seco en gramos

G4: masa del espécimen saturado luego de 24horas en gramos

Ensayo de Succión

Como indica la Norma Técnica Peruana 331.018 y 399.613, este ensayo se realiza para obtener la succión del lote de unidades en gramos. [21]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Balanza
- Recipiente de agua
- Horno con temperatura entre 110°C y 115°C
- Cronómetro
- Bandeja

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Primero, se calienta las unidades en el horno, para luego enfriarlos a temperatura ambiente, posteriormente se pesa (G3).

Segundo, se coloca la unidad en la bandeja el cual debe estar encima de soportes contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua y finalmente se pesa.

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

Cálculo del aumento de peso corregido

$$A = \frac{200 * W}{L * b}$$

Donde:

W: Aumento de peso, en gramos.

L: largo de la superficie de contacto, en centímetros.

b: ancho de la superficie de contacto, en centímetros.

A: aumento de peso corregido, en gramos.

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Según la Norma Técnica Peruana 331.018 y 399.613, este ensayo indica la resistencia de un lote de ladrillos obteniendo como dato KN/cm². [21]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Máquina para ensayos de compresión

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Se coloca la unidad sobre el apoyo de la máquina y para descender el vástago. Luego, se aplica una carga axial progresiva hasta que se produce la rotura del ladrillo. La carga máxima soportada se registra en KN.

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

Cálculo del área

$$A = \frac{V}{h}$$

Donde:

V: volumen del ladrillo en centímetros cúbicos

h: altura del ladrillo en centímetros

Cálculo de resistencia a la compresión

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

Donde:

P: carga de rotura en KN

A: promedio de las áreas brutas de la unidad en centímetros al cuadrado

Ensayo de método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería

Según la Norma Técnica Peruana 399.621, este ensayo indica la resistencia a la compresión diagonal de muretes de 600mm x 600mm. [22]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Máquina para ensayos de compresión
- Escuadras de carga

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Primero, se coloca las escuadras de carga en la parte superior e inferior.

Segundo, se coloca el murete en una posición centrada.

Tercero, se realiza la medición de la diagonal vertical y horizontal bajo la acción de la carga.

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

Cálculo del esfuerzo cortante

$$Vm = \frac{0.707P}{A_b}$$

Donde:

Vm: esfuerzo cortante sobre el área bruta en MPa

P: carga aplicada en N

Ab: área bruta de la unidad en milímetro al cuadrado

Cálculo del área bruta

$$A_b = \frac{L + h}{2} * t$$

Donde:

L: largo del murete en milímetros

h: altura del murete en milímetros

t: espesor total del murete en milímetros

Cálculo de la deformación angular

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g}$$

Donde:

γ : deformación angular en milímetro por milímetro

ΔV : acortamiento vertical en milímetros

ΔH : alargamiento horizontal en milímetros

g: longitud de medición de deformaciones horizontales y vertical en milímetros.

Cálculo del módulo de rigidez

$$G = \frac{\Delta Vm}{\Delta \gamma}$$

Donde:

G: módulo de rigidez en MPa

Ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería

Según la Norma Técnica Peruana 399.605, este ensayo indica la resistencia a la compresión de prismas. [23]

Para este ensayo se utiliza los siguientes aparatos:

- Máquina para ensayos de compresión
- Escuadras de carga

Con respecto al procedimiento es el siguiente:

Primero, se ubica las placas de carga en la parte superior e inferior.

Segundo, se coloca en una posición centrada y se aplica la carga de la máquina.

Los resultados serán expresados según la siguiente fórmula:

Cálculo de la resistencia de cada prisma

$$F'm = \frac{P}{A_b} * f$$

Donde:

F'm: resistencia de cada prisma sobre el área bruta en kg/cm²

P: carga aplicada en kgf

Ab: área bruta de la unidad en centímetros al cuadrado

f: factor de corrección

Cálculo del factor de corrección

h_p/t_p^A	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Factor de corrección	0,75	0,86	1,0	1,04	1,07	1,15	1,22

Tabla 3: Factor de corrección altura/espesor

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.605 [23]

Definición de Términos Básicos

Fibra vegetal

Son aquellas fibras extraídas de una planta que crece de manera natural van a presentar diferentes propiedades que pueden contribuir a la fabricación de materiales de construcción.

Conglomerante

Son materiales que presentan propiedades adhesivas que, al momento de mezclarse con agua, después de un transcurso de tiempo se fragua y endurece. Los principales son la cal, yeso y cemento.

Índice de Plasticidad

Es expresado en porcentaje y está dado por el comportamiento del suelo ante la humedad, que se encuentre entre límite líquido y plástico.

Alabeo

Es la medición de las imperfecciones geométricas de ladrillos, lo cual influye en la resistencia.

Densidad

Es una de las propiedades del ladrillo que se mide en gr/cm^3 , se evalúa para obtener la calidad del ladrillo ya que de eso dependen las propiedades de resistencia.

Resistencia a la compresión

Es una propiedad importante ya que se mide el nivel de calidad estructural relacionado con la perfección geométrica.

Materiales y métodos

Tipo y nivel de Investigación

El tipo de investigación es experimental, debido a la manipulación de las variables para poder lograr los objetivos específicos planteados, que harán que se pueda conseguir el objetivo general.

Con respecto al nivel de la investigación es correlacional, porque se busca correlacionar dos variables.

Diseño de investigación

El diseño a utilizar para el proyecto es cuantitativo, ya que se busca medir el efecto y/o causa de utilizar fibra de cabuya y cemento para la elaboración de unidades de albañilería sin cocción que van a hacer utilizados en la construcción, los cuales serán expresados en cantidades numéricas.

Población, muestra y muestreo

Unidad de estudio

La unidad de estudio será las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas.

Población

Esta investigación tendrá como población a las unidades de albañilería sin cocción elaborados con fibra de cabuya y cemento portland I, con la finalidad de ser una alternativa óptima de uso con mejores propiedades que los ladrillos convencionales.

Muestra

Según la Norma Técnica Peruana 331.019 las muestras para cada ensayo se pueden dividir en dos secuencias la A con un número de unidades y la B con un aumento en la cantidad de unidades teniendo en cuenta que son muestras de 50000 ladrillos a 100000 ladrillos. [34]

ENSAYOS	SECUENCIA "A"	SECUENCIA "B"
Dimensiones y alabeo	10	5
Resistencia a la compresión	5	3
Densidad	5	3
Módulo de rotura	5	3
Absorción y absorción máxima	5	3
Succión	5	3
Eflorescencia	10	8

Tabla 4: Muestra de cada ensayo

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.019 [34]

Por ende, para esta investigación se tomarán las unidades teniendo en cuenta los ensayos que se les realizará, en este caso para la Muestra 0 será de 59 ladrillos elaborados artesanalmente, 59 unidades con la dosificación de Muestra 1, 59 unidades para la Muestra 2 y 59 unidades para la Muestra 3.

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Muestra 0	Ladrillo elaborado de manera artesanal	59
Muestra 1	Unidad de albañilería elaborado con 10% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I	59
Muestra 2	Unidad de albañilería con 15% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I	59
Muestra 3	Unidad de albañilería con 20% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I	59
TOTAL		236

ENSAYOS	Muestra 0	Muestra1	Muestra2	Muestra3
Alabeo	2	2	2	2
Variación dimensional	2	2	2	2
Densidad	2	2	2	2
Absorción	2	2	2	2
Succión	2	2	2	2
Resistencia a compresión a los 28 días	3	3	3	3
Unidades para la resistencia al corte diagonal con muro de albañilería	40	40	40	40
Unidades para la rotura con pilas de ladrillo	6	6	6	6
Parcial	59	59	59	59
Total	236			

Tabla 5: Muestra por cada ensayo

Fuente: Elaboración Propia

Muestreo

En esta investigación se ha optado por un muestreo no probabilístico, analizando 3 diferentes porcentajes. Dicha terminología se utilizará para la descripción de las mezclas.

La primera muestra elaborada con 10% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I.

La segunda muestra elaborado con 15% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I.

La tercera muestra elaborado con 20% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I.

Muestras	Fibra de Cabuya	Cemento tipo I
Muestra 1	10,0%	25,0%
Muestra 2	15,00%	25,0%
Muestra 3	20,00%	25,0%

Tabla 6: Muestreo de las unidades de albañilería propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Criterio de selección

Selección de los materiales

En esta investigación se van a tener en cuenta los materiales como:

Arcilla

Para la selección de la arcilla a utilizar se deben realizar ensayos de granulometría, en donde se utiliza el material que pase de la malla N°4 (4.76mm)

También se tomará en cuenta la plasticidad, la cual será analizada por el ensayo de índice de plasticidad, en este caso las arcillas deben tener una característica plástica para que al momento de mezclarse con el agua puedan ser trabajables y moldeables sin ningún problema. Además, no presentar impurezas.

Fibra de Cabuya

Para la selección de la fibra se toma en cuenta la longitud ya que esto va a influir en las propiedades mecánicas, la cual debe estar entre los 5 a 8 cm. Además, de seguir un proceso de lavado y secado que consisten en sumergir en agua por 12 a 15 horas la cabuya para desprender cualquier partícula.

Cemento

Se va a tener en cuenta la ficha técnica. (Anexo 3)

Clasificación de las unidades de albañilería

Ensayo de Alabeo y Resistencia a la compresión

En esta investigación se quiere obtener unidades que se encuentren dentro de las siguientes características según la Norma E0.70. [15]

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Tabla 7: Parámetros de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión

Fuente: Norma E0.70 [15]

Ensayo de Densidad

En esta investigación se quiere obtener unidades que se encuentren dentro de los parámetros de la NTP 331.017 para su clasificación. [19]

TIPO	DENSIDAD MÍNIMA (g/cm ³)
I	1,5
II	1,55 a 1,6
III	1,6
IV	1,65
V	1,7

Tabla 8: Parámetros de Densidad Mínima

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.017 [19]

Ensayo de Absorción

En esta investigación se quiere obtener unidades que se encuentren dentro de los parámetros de la NTP 331.017 para su clasificación. [19]

TIPO	ABSORCIÓN (%)
I	Sin Límite
II	Sin Límite
III	25
IV	22
V	22

Tabla 9: Parámetros de Absorción

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.017 [19]

Ensayo de Succión

En esta investigación se quiere obtener unidades que se encuentren dentro de los parámetros de la NTP 331.017 para su clasificación. [19]

TIPO	SUCCIÓN (gr/200cm ²)
I	61
II	66
III	53
IV	-
V	38

Tabla 10: Parámetros de Succión

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.017 [19]

Resistencia de pilas y muros de albañilería

En esta investigación se quiere obtener unidades que se encuentren dentro de las siguientes características según la Norma E0.70. [15]

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES v_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Tabla 11: Parámetros de muretes y pilas

Fuente: Norma E0.70 [15]

Hipotesis y Operacionalización de variables

Hipótesis

La utilización de fibra de cabuya y cemento para elaborar unidades de albañilería sin cocción tendrá mejores propiedades mecánicas con respecto al ladrillo convencional y podrá ser utilizado como una alternativa óptima.

Operacionalización de variables

VARIABLE TIPO	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICA	MÉTODO DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO	
INDEPENDIENTE	Cantidad y ensayo de la fibra de cabuya incorporada de 10%, 15% y 20% en las unidades de albañilería propuestas	Dosificación	%	Análisis de documentos	Guías y artículos de investigación	Balanza digital	
	Cantidad del cemento tipo I incorporado de 25% en las unidades de albañilería propuestas	Dosificación	%	Análisis de documentos	Guías y artículos de investigación	Balanza digital	
	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA SIN COCCIÓN CON LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE CABUYA Y CEMENTO TIPO I		Dosificación	%	Análisis de documentos	Guías y artículos de investigación	Balanza digital
			Ensayo de Granulometría	g	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 339.128: Suelo. Método de ensayo para análisis granulométrico	Tamices
		Cantidad y ensayo de la arcilla utilizada en porcentajes de 55%, 60% y 65% en las unidades de albañilería propuestas	Ensayo de Índice de Plasticidad	%	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad del suelo	Aparato de Casa Grande
			Ensayo de Contenido de Sales	mg/kg	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 339.152: Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en susulos y agua subterránea	Equipo de filtración Aspirador mecánico Cápsulas de evaporación Horno Desecador
DEPENDIENTE	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS	Ensayo de Alabeo	mm	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado	Cuñas de acero graduadas	
		Ensayo de Variación dimensional	%	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado	Cuñas de acero graduadas	
		Propiedades físicas de las unidades de albañilería elaboradas con incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I	Ensayo de Densidad	g/cm ³	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado en Albañilería	Balanza Recipiente de agua Horno
		Ensayo de Succión	g/cm ²	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado	Balanza Recipiente de agua Horno	
		Ensayo de Absorción	%	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado	Recipiente de agua Horno	
		Ensayo de Resistencia a la Compresión	N/cm ²	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 331.018 y NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado	Máquina para el ensayo de resistencia a la	
		Propiedades mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I	Ensayo de resistencia al corte diagonal con muro de albañilería	Mpa	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 339.621: Método de ensayo de compresión diagonal en muros de albañilería	Máquina con carga en compresión Escuadra de carga
			Ensayo de rotura con placas de ladrillo	N	Análisis de documentos y observación	Norma Técnica Peruana NTP 339.605: Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería	Máquina para ensayo de resistencia a la compresión
	INTERVINENTE	TAMAÑO DE LA FIBRA DE CABUYA UTILIZADA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA SIN COCCIÓN	Morfología de la fibra utilizada en las unidades de albañilería propuestas	Longitud	cm	Análisis de documentos	Guías y artículos de investigación Balanza digital

Tabla 12: Operacionalización de variables

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento

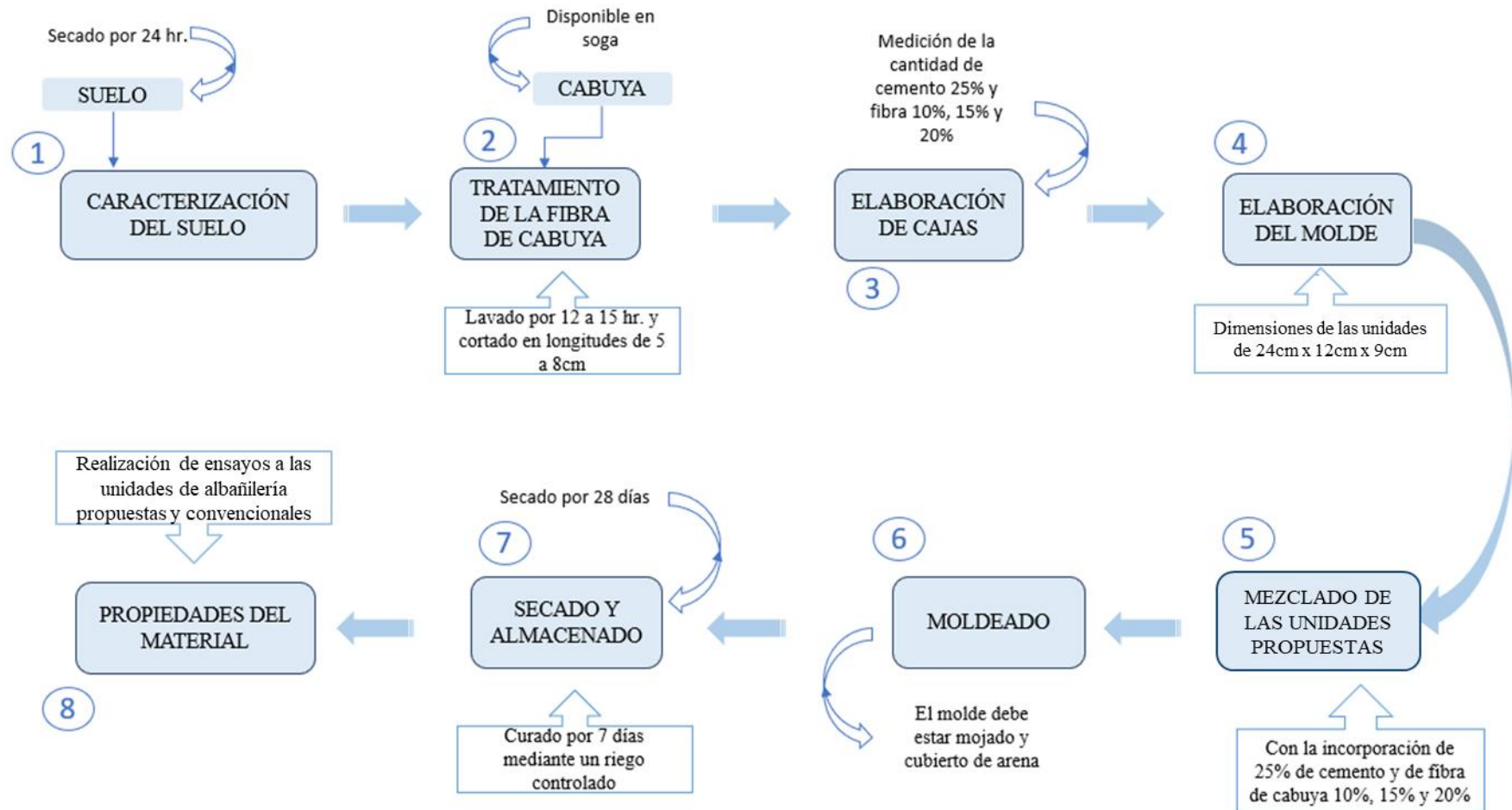


Ilustración 11: Diagrama del Procedimiento

Fuente: Elaboración Propia

Materiales

Obtención del suelo

Se extrae el suelo de una ladrillera ubicada en el Distrito de José Leonardo Ortiz en la Av. Chiclayo N °817



Ilustración 12: Ubicación de la ladrillera

Fuente: Google Maps



Ilustración 13: Vista de la Ladrillera

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el estudio correspondiente se extrae muestras de 5kg y son transportadas a un ambiente donde se expandirá para un secado natural. Posteriormente se realizará el ensayo de granulometría, índice de plasticidad y contenido de sales en el laboratorio de la USAT.



Ilustración 14: Muestra de suelo

Fuente: Elaboración Propia

Obtención de la Fibra de Cabuya

Este material es extraído de la planta de Cabuya, la cual crece naturalmente en el Perú y es vendida como fibra por diversas empresas.

Para la utilización de este material en las unidades propuestas se comprará en modo de sogas para ser destrenzada y retirar las fibras, una vez obtenidas se realizará un lavado que durará de 12 a 15 horas con la finalidad de eliminar partículas que pueda afectar al mezclado.



Ilustración 15: Secado de la Fibra de Cabuya

Fuente: Elaboración Propia

Obtención del Cemento

Para esta investigación se obtendrá de la ferretería DMAT ubicado en la Av. Augusto B. Leguía.

Obtención de la Arena

La arena es un material utilizado en las ladrilleras para evitar que las unidades se peguen al molde utilizándola tanto en la mezcla como en el proceso de moldeado. Por

lo tanto, para esta investigación se utilizará la arena que se utiliza en la ladrillera de donde se obtendrá las unidades de albañilería.

Ensayos del suelo

Ensayo de granulometría

Para este ensayo se sigue con los requisitos brindados en la NTP 339.128 [16]

Se realiza después del secado de la muestra a temperatura ambiente, luego se selecciona los tamices adecuados para obtener la información del material.

En el momento de tamizarlo se debe tener cuidado con las aberturas y ordenarlos de manera decreciente. Luego se lava la muestra en el tamiz N°200 y el material retenido se seca para posteriormente pasar por los tamices.

La cantidad de la muestra para este ensayo es de 800gr.



Ilustración 16: Ensayo de Granulometría

Fuente: Elaboración Propia

Índice de Plasticidad

Para este ensayo se sigue con requisitos brindados en la NTP 339.129. [17]

En este proceso se determina el límite líquido y plástico, los cuales sirven para el índice de plasticidad.

Para comenzar con el ensayo se lleva una pequeña muestra a la cuchara de Casagrande, esta es partida en dos por un ranurador para empezar con golpes repetitivos de 15 a 25 causando que se unan. En esta primera parte se calcula el contenido de agua de la muestra para determinar el límite líquido.



Ilustración 17: Ensayo de Límite Líquido

Fuente: Elaboración Propia

Para el límite plástico se utiliza 1.5 a 2 gramos de muestra, se enrolla en la palma de las manos y se hace un hilo con diámetro de 3 mm en menos de dos minutos, esto quiere decir, a mayor presión que se elabore mayor va a hacer la plasticidad. Cuando el hilo se haya desmoronado quiere decir que su contenido de agua ha disminuido y ya no puede ser presionado, ese contenido de agua representa al límite plástico.

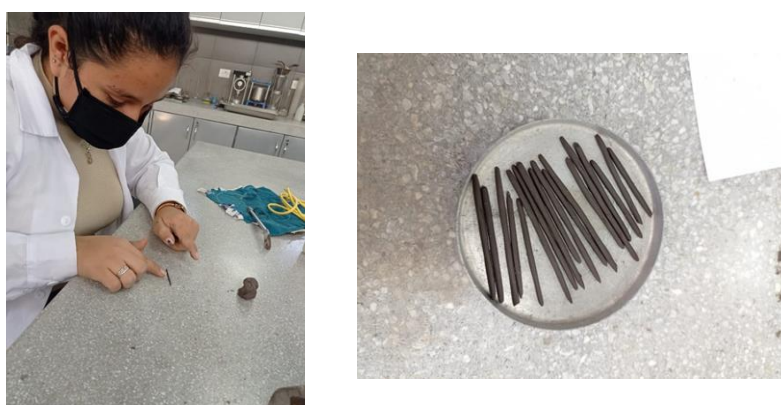


Ilustración 18: Ensayo de Límite Plástico

Fuente: Elaboración Propia

Contenido de sales solubles en el suelo

Para este ensayo se sigue con requisitos brindados en la NTP 339.152. [18]

En este proceso se determina la cantidad de sales solubles del suelo, para ello se utiliza 100gr de suelo, el cual debe haber pasado por un proceso de tamizado pasando el tamiz N°10. Primero se mezcla con 300ml de agua destilada y agitarlo por 1 hora, después se deja reposar hasta sedimentar y filtrar la suspensión, finalmente se obtiene el acuoso filtrado.

Posteriormente se coloca en el horno hasta que se haya evaporado toda el agua y se pesa.

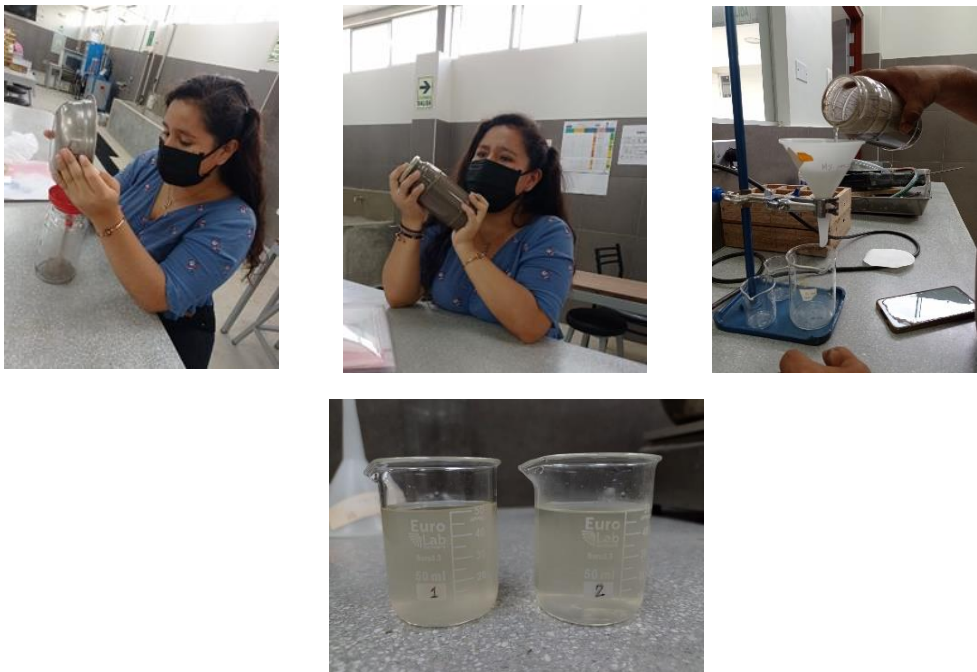


Ilustración 19: Ensayo de Contenido de Sales

Fuente: Elaboración Propia

Elaboración de los ladrillos sin cocción

Obtención de la arcilla

Se extrae el suelo que se encuentra en la ladrillera, tal cual como es excavado se carga y se transporta a un ambiente donde se expandirá para un secado natural.



Ilustración 20: Suelo para la elaboración de ladrillos

Fuente: Elaboración Propia

Tratamiento de la Fibra de Cabuya

Una vez obtenida la fibra en forma de sogas se realizará un lavado que durará de 12 a 15 horas con la finalidad de eliminar cualquier partícula. Posteriormente se cortará en longitudes de 5 a 8cm para que sea adicionado a la mezcla.



Ilustración 21: Fibra cortada entre 5 a 8cm

Fuente: Elaboración Propia

Mezclado

Después de haber realizado los pasos anteriormente mencionados se empieza con la mezcla de arcilla, fibra de cabuya y el cemento, en donde se irá incorporando paulatinamente el agua, la cual reaccionará inmediatamente generando que todas las partículas queden totalmente húmedas. Con la finalidad de obtener una mezcla homogénea y trabajable.

Para la medición de la cantidad de cemento y fibra a adicionar se elaboró cajas que representan los porcentajes de cada uno de los materiales, ya que el porcentaje de adición se encuentra en volumen.



Ilustración 22: Cajas para la medición de materiales

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 23: Mezcla de la unidad propuesta

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta el diseño de mezcla, se necesita 4 litros de agua para la elaboración de 4 unidades con la dosificación de 10% y 15%, para la dosificación de 20% se utilizó 5 litros de agua para las 4 unidades.

Con respecto a la relación agua-cemento, se ha realizado de manera experimental dependiendo de la trabajabilidad de la mezcla, para no afectar en la etapa del moldeo.

PESO DE MATERIALES POR BALDE (gr)		
TIERRA	5350	BALDE 4L
ARENA	5000	
CEMENTO	4410	
FIBRA	75	
AGUA	4210	

Peso del balde	190
----------------	-----

DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 UNIDADES CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA			
	N° de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	1	5350	32%
Arena (bal)	1	5000	30%
Fibra (bal)	0.5	37.5	0.2%
Cemento (bal)	0.5	2240	13%
Agua (bal)	1	4210	25%
	Peso total	16837.5	100%

DOSIFICACIÓN DE MUESTRA	
1 UNIDAD CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA	
	Peso (gr)
Tierra	1337.5
Arena	1250.0
Fibra	9.4
Cemento	560.0
Agua	1052.5
Peso total	4209.4

DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 UNIDADES CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA			
	N° de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	1	5350	32%
Arena (bal)	1	5000	30%
Fibra (bal)	0.75	56.25	0.3%
Cemento (bal)	0.5	2240	13%
Agua (bal)	1	4210	25%
	Peso total	16856.25	100%

DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 UNIDADES CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA			
	N° de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	1	5350	30%
Arena (bal)	1	5000	28%
Fibra (bal)	1	75	0.4%
Cemento (bal)	0.5	2240	12%
Agua (bal)	1.25	5262.5	29%
	Peso total	17927.5	100%

DOSIFICACIÓN DE MUESTRA	
1 UNIDAD CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA	
	Peso (gr)
Tierra	1337.5
Arena	1250.0
Fibra	14.1
Cemento	560.0
Agua	1052.5
Peso total	4214.1

DOSIFICACIÓN DE MUESTRA	
1 UNIDAD CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA	
	Peso (gr)
Tierra	1337.5
Arena	1250.0
Fibra	18.8
Cemento	560.0
Agua	1315.6
Peso total	4481.9

RELACION AGUA/CEMENTO			
PARA 1 LADRILLO CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA			
	% de humedad	Peso (gr)	Cantidad de agua
Tierra (bal)	38%	1337.5	501.56
Arena (bal)	2%	1250	25.00
Fibra (bal)	11%	18.75	2.06
Total			528.63

	Cantidad total	Cantidad restante
	Peso (gr)	Peso (gr)
Agua (bal)	1315.625	787.00

RELACION AGUA/CEMENTO		
PARA 1 LADRILLO CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA		
	Peso (gr)	a/c
Cemento (bal)	560	1.41
Agua (bal)	787.00	

RELACION AGUA/CEMENTO			
PARA 1 LADRILLO CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA			
	% de humedad	Peso (gr)	Cantidad de agua
Tierra (bal)	38%	1337.5	501.56
Arena (bal)	2%	1250	25.00
Fibra (bal)	11%	14.0625	1.55
Total			528.11

	Cantidad total	Cantidad restante
	Peso (gr)	Peso (gr)
Total	1052.5	524.39

RELACION AGUA/CEMENTO		
PARA 1 LADRILLO CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA		
	Peso (gr)	a/c
Cemento (bal)	560	0.94
Agua (bal)	524.39	

RELACION AGUA/CEMENTO			
PARA 1 LADRILLO CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA			
	% de humedad	Peso (gr)	Cantidad de agua
Tierra (bal)	38%	1337.5	501.56
Arena (bal)	2%	1250	25.00
Fibra (bal)	11%	9.375	1.03
Total			527.59

	Cantidad total	Cantidad restante
	Peso (gr)	Peso (gr)
Agua (bal)	1052.5	524.91

RELACION AGUA/CEMENTO		
PARA 1 LADRILLO CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA		
	Peso (gr)	a/c
Cemento (bal)	560	0.94
Agua (bal)	524.91	

Tabla 13: Diseño de Mezcla de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Moldeado

Teniendo una mezcla homogénea se coloca en el molde con dimensiones de 25cm x 13cm x 10cm, ya que como se requieren unidades de 24 cm x 12 cm x 9 cm se aumenta 1cm a cada lado ya que en el proceso de secado estas reducen su tamaño, además teniendo en cuenta que el molde debe estar mojado y cubierto de arena en sus caras para facilitar la extracción de las unidades.

Con respecto al alveolo ubicado en el centro de la unidad, el cual constituye el 25% de huecos en el área de la superficie de asiento. Según la Norma E070, menciona que unidades de albañilería sólida tiene un área igual o mayor que el 70% de la superficie de asiento. Por lo tanto, la unidad propuesta se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

MEDIDAS DEL ALVEOLO			
Base menor (cm)	Base mayor (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
14	15	5	5

VOLUMEN DEL ALVEOLO		
Area	72.5	cm ²
Volumen	362.5	cm ³

MEDIDAS DE LA UNIDAD PROPUESTA		
Largo	Ancho	Altura
24	12	9

AREA DE LA UNIDAD PROPUESTA		
Area	288	cm ²

PORCENTAJE DE HUECOS DE LA UNIDAD	
Porcentaje de huecos	25%

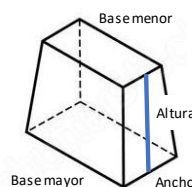


Tabla 14: Medidas del Alveolo

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 24: Molde para las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 25: Moldeado de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Secado y Almacenamiento

Las unidades elaboradas deben depositarse en un ambiente para su secado y deben ser almacenados durante aproximadamente 28 días para que el cemento llegue a su resistencia máxima, además de ser curado por 7 días.

Con respecto, al curado de las unidades no serán sumergidas en su totalidad sino se realizará mediante un riego controlado utilizando un rociador, este proceso se realizará de 5 a 6 veces por día siendo en el día la mayor parte de repetición por la rápida pérdida de humedad.



Ilustración 26: Secado y Curado de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Ensayos a los ladrillos convencionales y unidades de albañilería propuestas

Ensayo de Alabeo

Para el ensayo se midió la concavidad y convexidad mediante el uso de cuñas y regla metálica para medir las dimensiones de las unidades, como se menciona en la NTP 331.018 y 339.613. [21]

La medición se obtiene en milímetros.



Ilustración 27: Ensayo de Alabeo de las Unidades Propuestas y Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Variación de Dimensiones

Para este ensayo se mide el largo, ancho y alto de cada unidad mediante el uso de la herramienta pie de rey, como se menciona en la NTP 331.018 y 399.613. [21]

La medición se obtiene en porcentaje.



Ilustración 28: Ensayo de Variación Dimensional de las Unidades Propuestas y Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Densidad

Para este ensayo se pesó el ladrillo extraído del horno y se midió el volumen de este, considerando lo mencionado en la NTP 331.018 [20]

La medición es en gr/cm^3



Ilustración 29: Ensayo de Densidad de las Unidades Propuestas y Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Absorción

Para el procedimiento de este ensayo primero se deja las muestras en el horno por 24 horas, después se pesa y se sumerge en agua por otras 24 horas más. Finalmente, extraes la unidad sumergida y se pesa. La medición es en porcentaje y se considera lo mencionado en la NTP 331.018 y 399.613. [21]

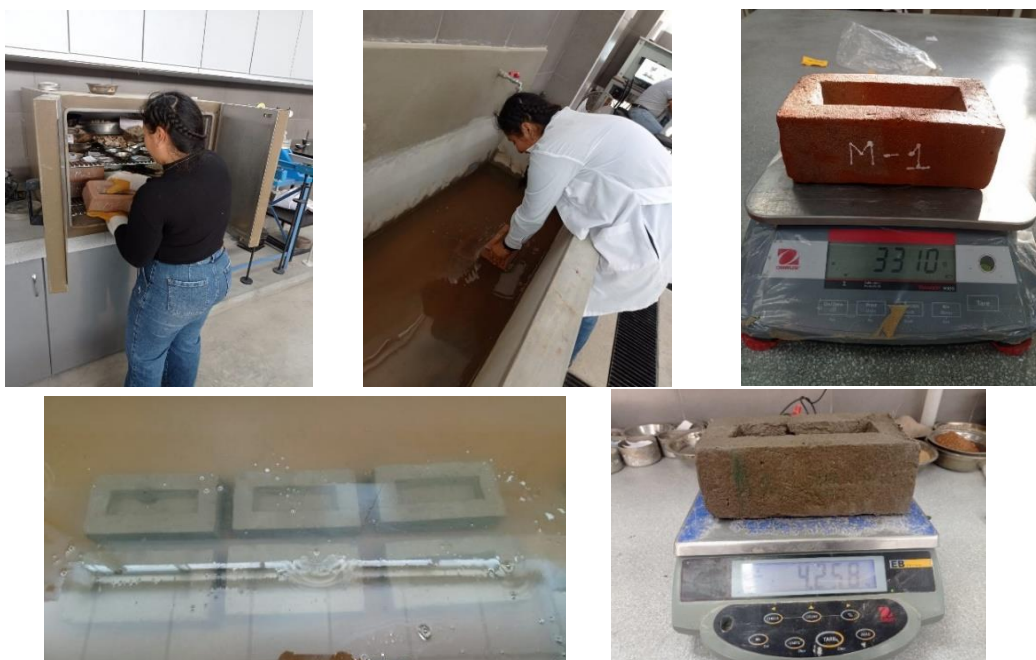


Ilustración 30: Ensayo de Absorción de las Unidades Propuestas y Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Succión

Para este ensayo se necesita colocar al horno la muestra por 24 horas, después de transcurrir el tiempo se extrae la unidad y se pesa, posteriormente se coloca sobre una bandeja nivelada y se sumerge la unidad en agua de una altura de 2cm hasta que pase 1 min aproximadamente. Finalmente, se pesa para obtener un aumento de peso, teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en la NTP 331.018 y 399.613. [21]

La medición es en gr/cm^2



Ilustración 31: Ensayo de Succión de las Unidades Propuestas y Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Resistencia a la compresión

Para este ensayo se necesita recubrir las caras mayores de las unidades para que al accionar la carga esta se distribuya de forma uniforme, así como se menciona en la NTP 331.018 y 399.613. [21]

La medición se obtiene N/cm^2 .



Ilustración 32: Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Unidades Propuestas y Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de resistencia al corte diagonal con muro de albañilería

Para el ensayo se realizaron muros de 0.6m por 0.6m, los cuales son elaborados en el mismo lugar de ensayo. Finalmente, después de haber transcurrido 28 días se coloca en la maquina cuadrando los ejes, así como lo menciona la NTP 399.621 [22]

Se obtiene el esfuerzo cortante en MPa.



Ilustración 33: *Elaboración de Muretes de las Unidades Propuestas y Convencionales*

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de rotura con pilas de ladrillo

Para el ensayo se realizan pilas conformada por 3 ladrillos, los cuales serán ensayados en la máquina de compresión, teniendo en cuenta las consideraciones de la NTP 399.605 [23]

Se obtiene la carga máxima en N.



Ilustración 34: *Elaboración de las Pilas de las Unidades Propuestas y Convencionales*

Fuente: Elaboración Propia

Resultados y discusiones

Propiedades del suelo utilizado en la elaboración de ladrillos artesanales y unidades de albañilería propuestas

Para ello se requirió recoger muestra de suelo y se procedió a realizar los ensayos como se muestra en la siguiente tabla de resultados.

Granulometría

Para este ensayo se tuvo una muestra de 800gr, obteniendo los siguientes resultados.

Analisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75,000	0,0	100,0
2"	50,000	0,0	100,0
1 1/2"	37,500	0,0	100,0
1"	25,000	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	100,0
1/4"	6,300	0,0	100,0
N°4	4,750	0,0	100,0
N°10	2,000	0,3	99,7
N°20	0,850	0,8	99,2
N°50	0,300	2,6	97,4
N°100	0,150	10,8	89,2
N°200	0,075	11,4	88,6
Distribución granulométrico			
% Grava	G.G. %	0,0	
	G. F %	0,0	0,0
	A.G %	0,3	
% Arena	A.M %	1,0	
	A.F %	10,1	11,4
% Arcilla y Limo		88,6	88,6
Total			100,0
Contenido de Humedad			3,8

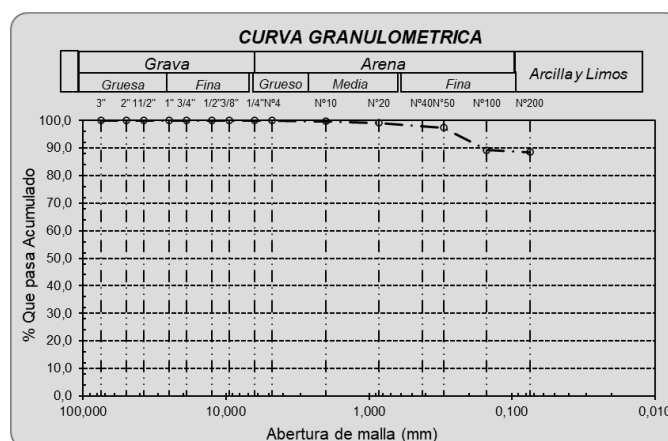


Tabla 15: Resultados de Granulometría

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la Tabla N°15 indican la composición del suelo de 11.4% de arena y 88.6% de arcilla y limo, además de tener pesos retenidos a partir del tamiz N°10, por ende, es un suelo compuesto en su mayoría de arcilla que es lo requerido para poder realizar las unidades.

Discusión: Realizar el ensayo de granulometría en esta investigación es relevante, porque se puede identificar el porcentaje de compuestos de la muestra. De la cual se obtuvo una composición de arena fina en un 10.1%, arcilla y limo con 88.6% así como se muestra en la Tabla N°15, por lo tanto, se puede decir que es un suelo arcilloso. En esta investigación se requiere de un suelo con estas características ya que para realizar la elaboración de los ladrillos artesanales se requiere de un 32% para su mezcla de arcilla pura, como se muestra en el diseño de mezcla en la Tabla N°13.

Límite líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad

En la siguiente tabla se observa los resultados de la muestra de suelo.

Ensayo de Límite de Atterberg			
Límite líquido (LL)	NP	57,34	(%)
Límite Plástico (LP)	NP	23,19	(%)
Índice Plástico (IP)	NP	34,15	(%)
Clasificación (S. U. C. S.)			CH
Descripción del suelo			Arcilla de alta plasticidad
Clasificación (AASHTO)			A-7-6 (15)

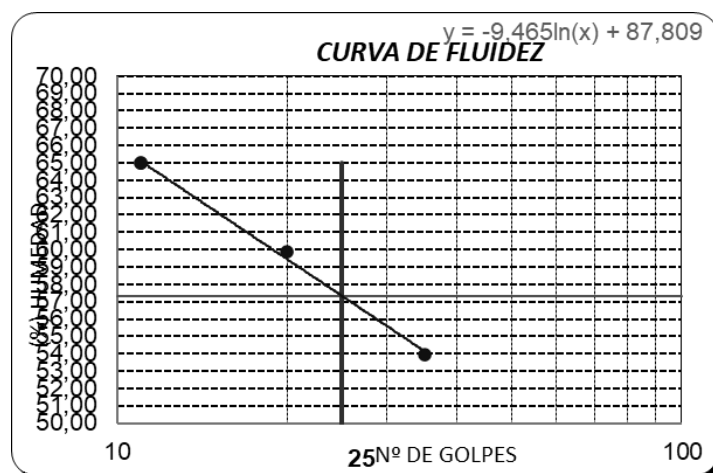


Tabla 16: Resultados de Límite de Atterberg

Fuente: Elaboración Propia

El suelo ensayado obtuvo resultados donde se clasifica en un suelo de arcilla de alta plasticidad que se encuentra en la clasificación de S.U.C.S. como CH caracterizada por tener un límite líquido mayor de 50%, lo cual para esta investigación es importante para la trabajabilidad de la mezcla.

Discusión: En esta investigación es importante obtener el índice de plasticidad, la cual obtuvo los valores mostrados en la Tabla N°16: límite líquido 57.34% y límite plástico 23.19%, La muestra estudiada cuenta con las características de un suelo arcilloso de alta plasticidad, este dato es relevante al momento de la elaboración de los ladrillos ya que de ello depende el moldeo de las unidades.

Contenido de Sales

En la siguiente tabla se observa los resultados de la muestra de suelo.

<i>Analisis Contenido de Sales Solubles</i>		
ENSAYO N°	1	2
PIREX N°	1	2
Nivel Pirex+ solución	50ml	50ml
Peso Pirex+ solución	69,2	70,11
Peso Pirex + sal residual	31,99	32,38
Peso Pirex	31,97	32,36
Peso sal residual	0,02	0,02
Peso agua evaporada	37,21	37,73
% sales solubles	0,054	0,053
Promedio %	0,053	

Tabla 17: Resultados de Contenido de Sales Solubles en el Suelo

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados obtenidos el suelo tiene un 0.053% de contenido de sales, por ende, es un suelo normal no salino ya que no cuenta con un porcentaje alto de sales que puedan afectar a la mezcla.

Discusión: En esta investigación es relevante el contenido de sales en el suelo ya que se va a encontrar en contacto con el cemento y la fibra de cabuya, las dos muestras estudiadas tienen un valor promedio de 0.053% indicando que no cuenta con un alto porcentaje de sales. Por ende, el suelo es óptimo para la mezcla ya que no supera el 1% de sales, como se muestra en la Tabla N°17.

Propiedades físicas del ladrillo convencional

Variación dimensional

Las características con respecto a la medida proveniente de la ladrillera ubicada en José Leonardo Ortiz son de 21cm x 12cm x 8cm. Y con un peso promedio de 2.800 Kg.

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo Convencional	212,00	117,00	80,00
02		212,00	120,00	79,00
PROMEDIO		212,00	118,50	79,50
C.V.		0,00%	1,79%	0,89%

Tabla 18: Resultados de la Variación Dimensional al Ladrillo Convencional

Fuente: Elaboración Propia

La variación dimensional máxima obtenida de los resultados y mostrada en la Tabla N°18 indican que el ancho del ladrillo con un 1.79%, según los requisitos para la variación el ladrillo se encuentra dentro de los parámetros para cualquier tipo de ladrillo.

Alabeo

Se observa los resultados de las unidades ensayadas en la Tabla N°19.

Alabeo de ladrillo convencional				
% Dosific.	Ladrillo convencional			
	Cara Arriba		Cara Abajo	
Muestra	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código	mm		mm	
M - 1	3,10	0,00	0,00	2,00
M - 2	4,00	0,00	3,00	0,00
Promedio	3,55	0,00	1,50	1,00
D.EST. (%)	0,64	0,00	2,12	1,41

Tabla 19: Resultados de Alabeo de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que el alabeo de las unidades se encuentra en un promedio de 3.55mm en la cara de arriba y 1.5mm en la cara de abajo, según los requisitos para el alabeo el ladrillo se encuentra dentro de los parámetros para ser clasificado como un ladrillo Tipo I hasta un Tipo IV sin superar los máximos valores que brinda la norma.

Densidad

Los resultados obtenidos de las unidades ensayadas se muestran en la Tabla N°20.

Muestra N°	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm3)	D (gr/cm3)
01	Ladrillo Convencional	2746	1984	1,38
02	Ladrillo Convencional	2780	2010	1,38
			Promedio	1,38

Tabla 20: Resultados de Densidad de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la densidad de las unidades se encuentra en 1.38gr/cm³, la cual según los requisitos para la densidad el ladrillo no se encuentra dentro de los requerimientos para cualquier tipo de ladrillo.

Absorción

Los resultados obtenidos de las unidades ensayadas se muestran en la Tabla N°21.

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo Convencional	3310	2746	20,5
02	Ladrillo Convencional	3330	2780	19,8
			Promedio	20,2

Tabla 21: Resultados de Absorción de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la absorción el ladrillo convencional presenta un 20.2%, según los requisitos para la absorción el ladrillo se encuentra dentro de los parámetros para cualquier tipo de ladrillo.

Succión

Los resultados obtenidos de las unidades ensayadas se muestran en la Tabla N°22.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo Convencional	21,2	12,0	144	113
02	Ladrillo Convencional	21,1	12,1	142	111
Promedio					112

Tabla 22: Resultados de Succión de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la succión el ladrillo convencional presenta un 112 gr/cm² en promedio, el cual según los requisitos para succión las unidades superan los parámetros establecidos en la norma, concluyendo que es necesario su saturación antes del asentamiento para evitar que extraiga el agua de la mezcla de mortero.

Propiedades mecánicas del ladrillo convencional

Resistencia a la compresión

Los resultados obtenidos de las unidades ensayadas se muestran en la Tabla N°23.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo Convencional	252	3980	15
02	Ladrillo Convencional	252	3790	14
03	Ladrillo Convencional	252	3720	14
Promedio				14

Tabla 23: Resultados de Resistencia de Compresión de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la resistencia de los ladrillos convencionales es de 14 kg/cm², los cuales no llegan a la resistencia mínima de un ladrillo Tipo I que indica la norma.

Resistencia al corte diagonal con muro de albañilería

Para realizar el ensayo los muretes deben cumplir los 28 días.

Los resultados obtenidos de las unidades ensayadas se muestran en la Tabla N°24.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V'm (MPa)
01	Ladrillo Convencional	72000	13507	0.13
02	Ladrillo Convencional	72000	14540	0.14
Promedio				0.14

Tabla 24: Resultados de Muretes de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la resistencia de los muretes ensayados a los 28 días es de 0.14MPa, los cuales no llegan a la resistencia mínima de un ladrillo Tipo I que indica la norma.

Rotura con pilas de ladrillo

Los resultados obtenidos de las unidades ensayadas se muestran en la Tabla N°25.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	Fm (kg/cm ²)
01	Ladrillo Convencional	262	7210	26
02	Ladrillo Convencional	262	7116	26
Promedio				26

Tabla 25: Resultados de Rotura con Pilas de Ladrillos Convencionales

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la resistencia de los ladrillos convencionales es de 26kg/cm², considerando el valor obtenido no se encuentra dentro de la resistencia mínima de un ladrillo Tipo I que indica la norma.

Propiedades físicas de las unidades propuestas

Variación dimensional

Las características con respecto a las medidas de la unidad de albañilería son de 24cm x 12cm x 9cm. Y con un peso promedio de 3.600 Kg.

En el siguiente gráfico de las unidades propuestas.

Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	241,00	120,00	90,00
02		240,00	119,00	89,00
PROMEDIO		240,50	119,50	89,50
C.V.		0,29%	0,59%	0,79%
Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	240,00	118,00	89,00
02		240,00	120,00	90,00
PROMEDIO		240,00	119,00	89,50
C.V.		0,00%	1,19%	0,79%
Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	240,00	119,00	90,00
02		240,00	120,00	89,00
PROMEDIO		240,00	119,50	89,50
C.V.		0,00%	0,59%	0,79%

Tabla 26: Resultados de Variación Dimensional de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

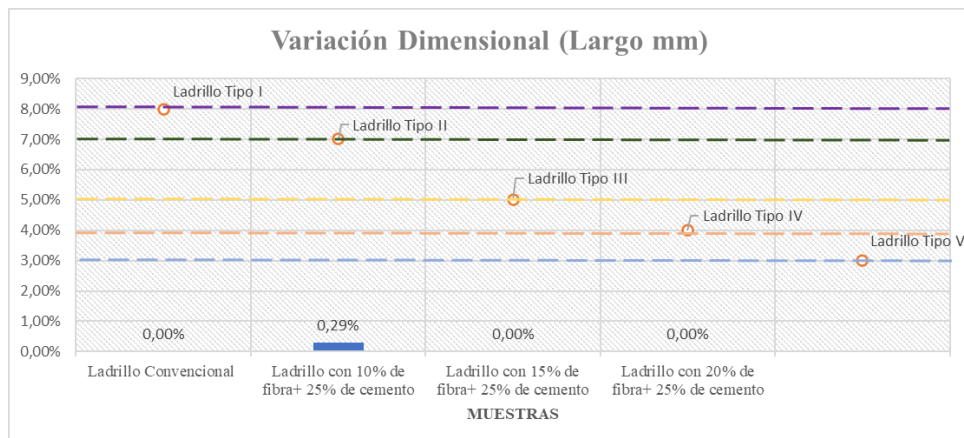


Gráfico 1: Resultados de Variación Dimensional en lo Largo de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la variación dimensional máxima de la Muestra 1 es de 0.29% en el largo de la unidad, según los requisitos para la variación la unidad se encuentra dentro de los parámetros para cualquier tipo de ladrillo.

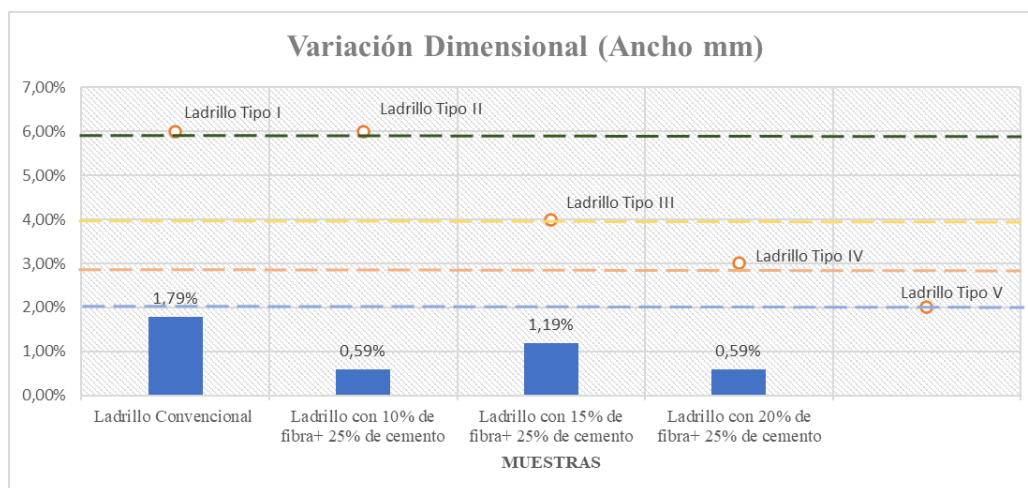


Gráfico 2: Resultados de Variación Dimensional en lo Ancho de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la variación dimensional máxima de la Muestra 2 es de 1.19% en el ancho de la unidad según los requisitos para la variación la unidad se encuentra dentro de los parámetros para cualquier tipo de ladrillo, además de tener menores resultados que el convencional.

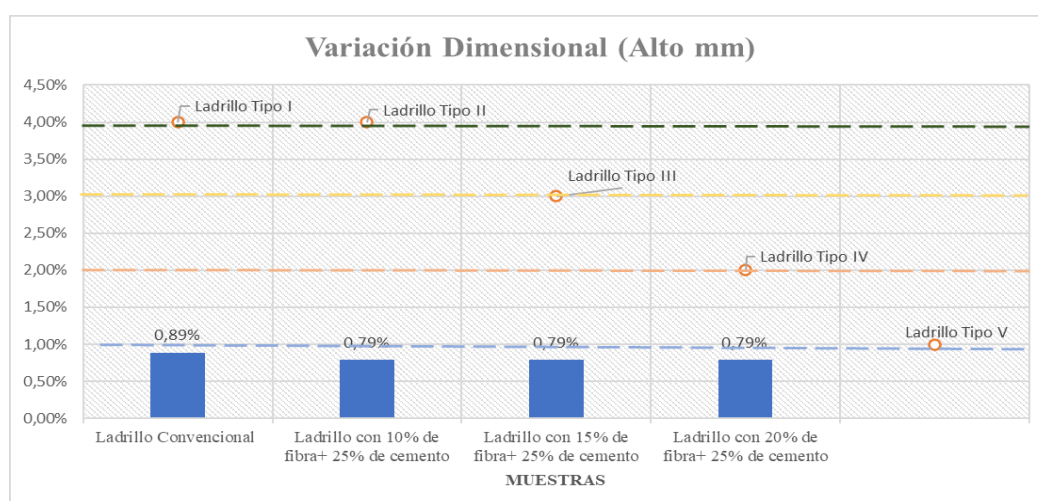


Gráfico 3: Resultados de Variación Dimensional en lo Alto de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados mostrados en la Tabla N°18 y Tabla N°26, indican que la variación dimensional máxima de las unidades de albañilería sin cocción adicionado es de 0.79% en el alto de la unidad para los tres porcentajes, según los requisitos para la variación el ladrillo se encuentra dentro de los parámetros para cualquier tipo de ladrillo, además de tener menores resultados que el convencional.

El ensayo de variación dimensional se realiza como indicador para el control de calidad de un lote, este caso de los ladrillos convencionales y las unidades propuestas, este valor es relevante ya que las unidades deben ser lo más parecido al molde, la cual en este caso es cumplir con las dimensiones de 24cm de longitud, 12cm de ancho y 9cm de alto. Los valores mayores obtenidos en la variación dimensional para la Muestra 2, 0.00%-1.19%-0.79%, aunque los ladrillos convencionales presentaron un valor aun mayor de 0.00%-1.79%-0.89%, en largo, ancho y alto respectivamente.

Por lo tanto, la mejor muestra es la Muestra 3 con valores de 0.00%-0.59%-0.79%, disminuyendo la variación en el ancho y alto en comparación con los ladrillos convencionales.

Alabeo

Se observa los resultados de las unidades propuestas en la Tabla N°27.

% Dosific.	Ladrillo con 10% de fibra + 25% de cemento			
	Cara Arriba		Cara Abajo	
Muestra	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código	mm		mm	
M- 1	3,50	0,00	1,00	0,00
M- 2	2,00	0,00	0,00	2,80
Promedio	2,75	0,00	0,50	1,40
D.EST. (%)		0,00	0,71	1,98

% Dosific.	Ladrillo con 15% de fibra + 25% de cemento			
	Cara Arriba		Cara Abajo	
Muestra	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código	mm		mm	
M- 1	3,00	0,00	4,00	0,00
M- 2	0,00	1,20	0,00	4,20
Promedio	1,50	0,60	2,00	2,10
D.EST. (%)	2,12	0,85	2,83	2,97

% Dosific.	Ladrillo con 20% de fibra + 25% de cemento			
	Cara Arriba		Cara Abajo	
Muestra	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código	mm		mm	
M - 1	2,00	0,00	0,00	4,00
M - 2	3,00	0,00	0,00	3,00
Promedio	2,50	0,00	0,00	3,50
DEST. (%)	0,71	0,00	0,00	0,71

Tabla 27: Resultados de Alabeo las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

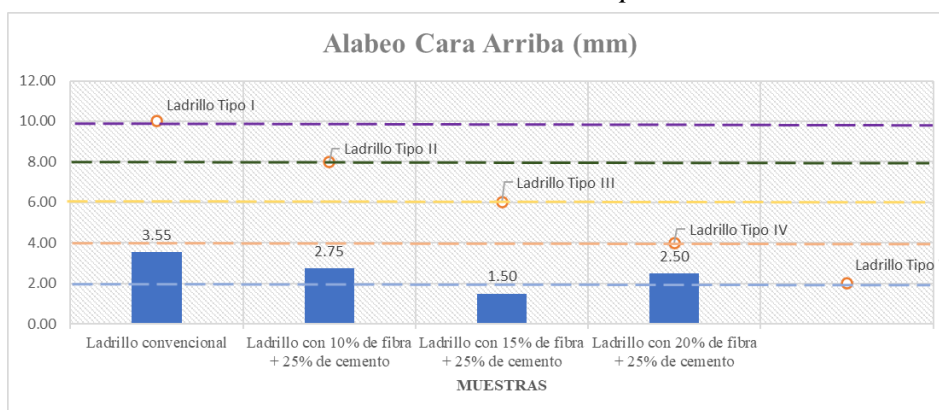


Gráfico 4: Resultados de Alabeo Cara Arriba de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que el máximo alabeo de las unidades propuestas es la Muestra 1 con un valor promedio de 2.75mm, según los requisitos para el alabeo, el ladrillo se encuentra dentro de los parámetros para ser clasificado como un ladrillo Tipo I hasta un Tipo IV sin superar los máximos valores que brinda la norma. A excepción de la Muestra 2 que se puede clasificar con cualquier tipo de ladrillo.

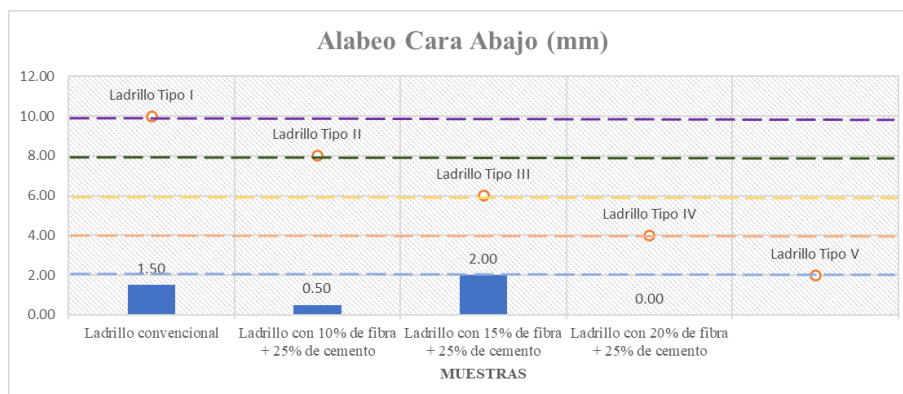


Gráfico 5: Resultados de Alabeo Cara Abajo de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que el máximo alabeo de las unidades propuestas es la Muestra 2 con un valor promedio de 2.00mm, según los requisitos para el alabeo, el ladrillo se encuentra dentro de los parámetros para ser clasificado como un ladrillo Tipo I hasta un Tipo IV sin superar los máximos valores que brinda la norma. A excepción de la Muestra 3 que se puede clasificar con cualquier tipo de ladrillo.

El ensayo de alabeo se realiza como indicador para el control de calidad de un lote, este caso de los ladrillos convencionales y las unidades propuestas, este valor es relevante ya que va a afectar al momento del asentamiento de los ladrillos y por ende a la estabilidad del muro.

Con respecto, a los resultados que se muestran en la Tabla N°19 y Tabla N°27 la mayor concavidad en la cara de arriba es la del ladrillo convencional con un valor de 3.55mm y la Muestra 1 con un valor de 2.75mm. La mezcla que tuvo menores valores en la cara de abajo para la concavidad es la Muestra 3 con un valor de 0.00mm y para la cara de arriba de 2.50m, reduciendo el alabeo obtenido para los ladrillos convencionales.

Densidad

Se observa los resultados de las unidades propuestas en la Tabla N°28.

Muestra Nº	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm3)	D (gr/cm3)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	3518	2592	1,36
02		3590	2592	1,39
Promedio				1,37
Muestra Nº	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm3)	D (gr/cm3)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	3660	2592	1,41
02		3642	2592	1,41
Promedio				1,41
Muestra Nº	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm3)	D (gr/cm3)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	3638	2592	1,40
02		3512	2592	1,35
Promedio				1,38

Tabla 28: Resultados de Densidad de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

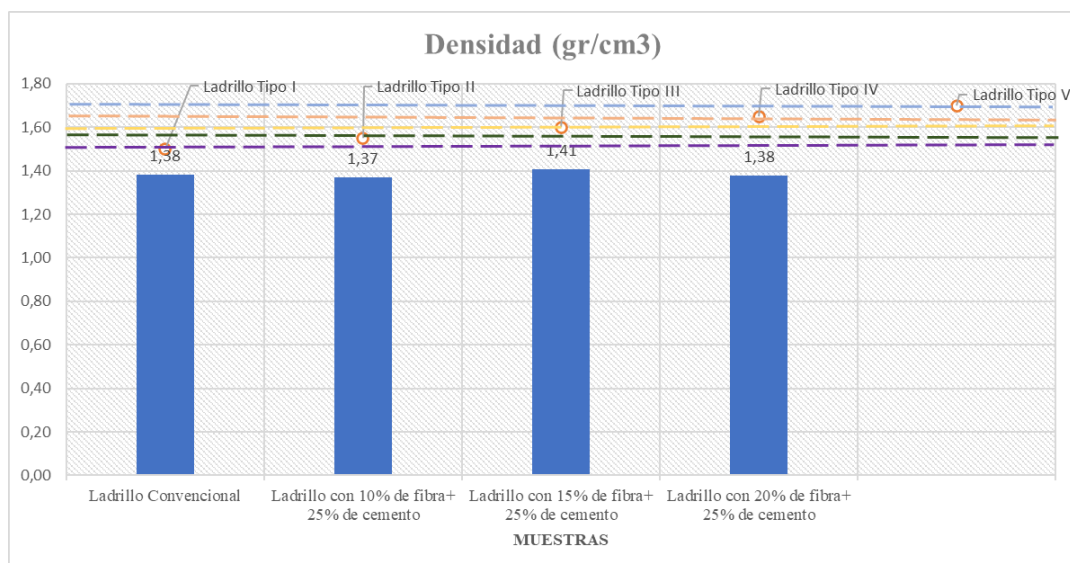


Gráfico 6: Resultados de Densidad de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la densidad máxima es la Muestra 2 con un valor de 1.41 gr/cm³, según los requisitos para la densidad el ladrillo no se encuentra dentro de los parámetros de la norma mínimos, concluyendo que tienen una densidad baja.

Con respecto, al ensayo de densidad se realiza para poder identificar si con la incorporación de la fibra y cemento la unidad disminuye o aumenta el peso de las unidades, por lo tanto, se obtuvo los valores mostrados en la Tabla N°20 y Tabla N°28: los ladrillos convencionales con un peso seco de 2780gr y una densidad de 1.38gr/cm³. Para las unidades propuestas con un peso seco de 3638gr y una densidad de 1.38gr/cm³, en el caso de la Muestra 3. Por ende, la incorporación de fibra y cemento no aumenta la densidad de un ladrillo convencional.

Absorción

Se observa los resultados de las unidades propuestas en la Tabla N°29.

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	4222	3518	20,01
02		4258	3590	18,61
Promedio				19,31%
Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	4286	3660	17,10
02		4306	3642	18,23
Promedio				17,67%
Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	4280	3638	17,65
02		4202	3512	19,65
Promedio				18,65%

Tabla 29: Resultados de Absorción de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

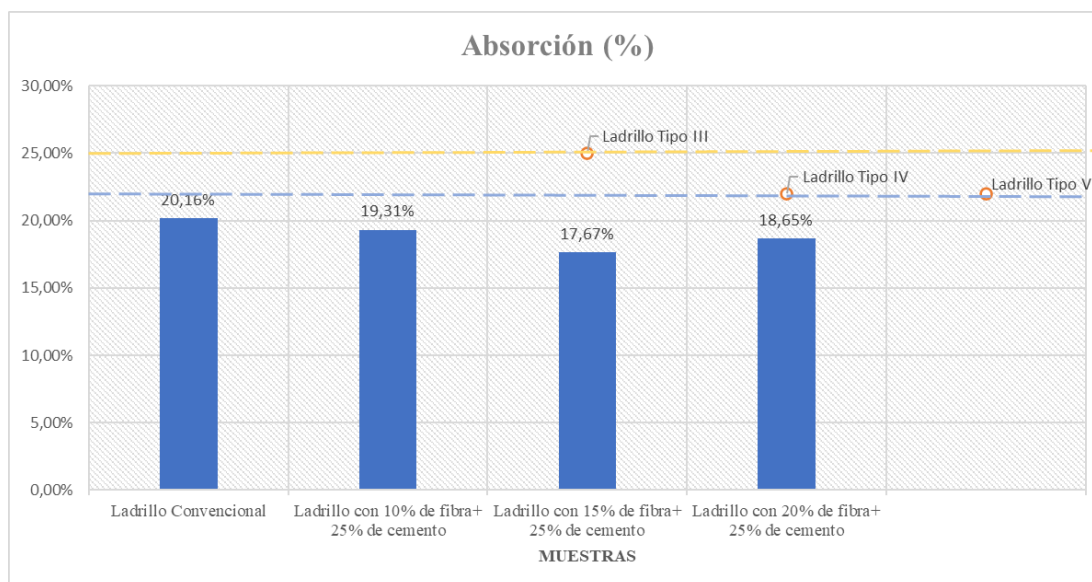


Gráfico 7: Resultados de Absorción de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la absorción de la Muestra 2 es de 17.67% siendo el valor más bajo de las tres dosificaciones, además según los requisitos se encuentra dentro de los parámetros para cualquier tipo de ladrillo.

El ensayo de absorción es importante ya que se puede indicar el grado de permeabilidad que presenta cada unidad, para ello se obtuvo los valores mostrados en la Tabla N°21 y Tabla N°29: los ladrillos convencionales presentan una absorción de 20.16% y el de la Muestra 3 presenta un 18.65%. Concluyendo que con la adición de la fibra vuelve impermeable a la unidad.

Succión

Se observa los resultados de las unidades propuestas en la Tabla N°30.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	24,1	12,0	72	50
02		24,0	11,9	70	49
Promedio					49
Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	24,0	11,8	80	56
02		24,0	12,0	66	46
Promedio					51
Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	24,0	11,9	62	43
02		24,0	12,0	68	47
Promedio					45

Tabla 30: Resultados de Succión de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

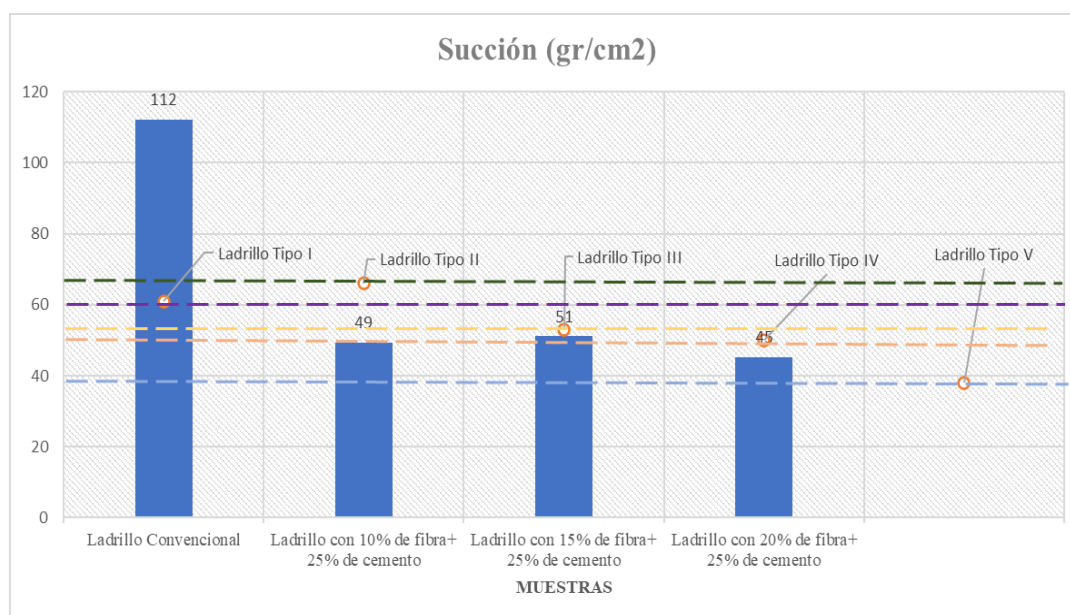


Gráfico 8: Resultados de Succión de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la succión de la Muestra 3 es de 45gr/cm² en promedio, el cual según los requisitos para succión se encuentra dentro de los parámetros para ser clasificado como un ladrillo Tipo I hasta Tipo IV, además de ser uno de los valores más bajos obtenidos en comparación con las Muestras 1 y 2 que pueden ser clasificados como un ladrillo Tipo I hasta Tipo III según lo indica la norma.

El ensayo de succión es importante ya que permite conocer si los ladrillos al adherirse con el mortero pueden absorber parte del agua de la mezcla, provocando que tenga baja resistencia. Por lo tanto, se obtuvo los resultados mostrados en la Tabla N°22 y Tabla N°30, donde los ladrillos convencionales tienen resultados de 112 gr y el de la Muestra 3 con un valor de 45gr. Concluyendo que al adicionar más porcentaje de fibra será menor la absorción de la mezcla del mortero.

Propiedades mecánicas de las unidades propuestas

Resistencia a la compresión

Se observa los resultados de las unidades propuestas en la Tabla N°31.

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'b (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288,0	11690	37
02		288,0	9530	30
03		288,0	9340	30
			Promedio	33
Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'b (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288,0	13890	44
02		288,0	12340	39
03		288,0	12140	39
			Promedio	41
Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'b (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288,0	16700	53
02		288,0	17320	55
03		288,0	16780	54
			Promedio	54

Tabla 31: Resultados de la Resistencia a la Compresión de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

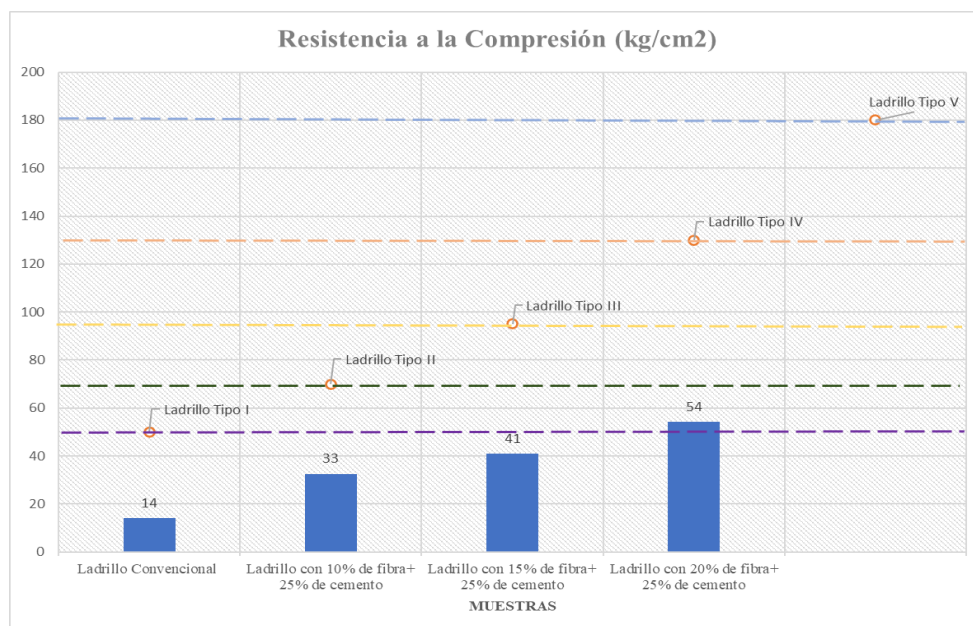


Gráfico 9: Resultados de la Resistencia a la Compresión de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la resistencia de la Muestra 3 presenta un valor de 54kg/cm² en promedio, el cual según los requisitos establecidos en la norma es clasificado como un ladrillo Tipo I, además de ser uno de los valores más altos obtenidos en comparación con los convencionales y las Muestras 1 y 2.

Es importante indicar que el ensayo de resistencia a la compresión es la capacidad de resistencia ante una carga. Los resultados obtenidos deben cumplir como mínimo para clasificar como un ladrillo tipo I, el cual requiere de un valor de 50 kg/cm². Por ende, tomando en cuenta los valores obtenidos y mostrados en la Tabla N°23 y Tabla N°31, la Muestra 3 se clasifica como ladrillo tipo I con una resistencia de 54kg/cm², en cambio el ladrillo convencional tiene un valor de 14 kg/cm².

Por ende, la incorporación de fibra y cemento aumenta la resistencia del ladrillo en comparación al del ladrillo convencional.

Resistencia al corte diagonal con muro de albañilería

Los resultados de la resistencia al corte diagonal se obtendrán cuando los muretes cumplan los 28 días.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V/m (MPa)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	72000.0	32450	0.32
02		72000.0	32789	0.32
Promedio				0.32
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V/m (MPa)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	72000.0	44850	0.44
02		72000.0	44456	0.44
Promedio				0.44
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V/m (MPa)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	72000.0	50780	0.50
02		72000.0	50156	0.49
Promedio				0.50

Tabla 32: Resultados de Resistencia al Corte Diagonal con Muro de Albañilería

Fuente: Elaboración Propia

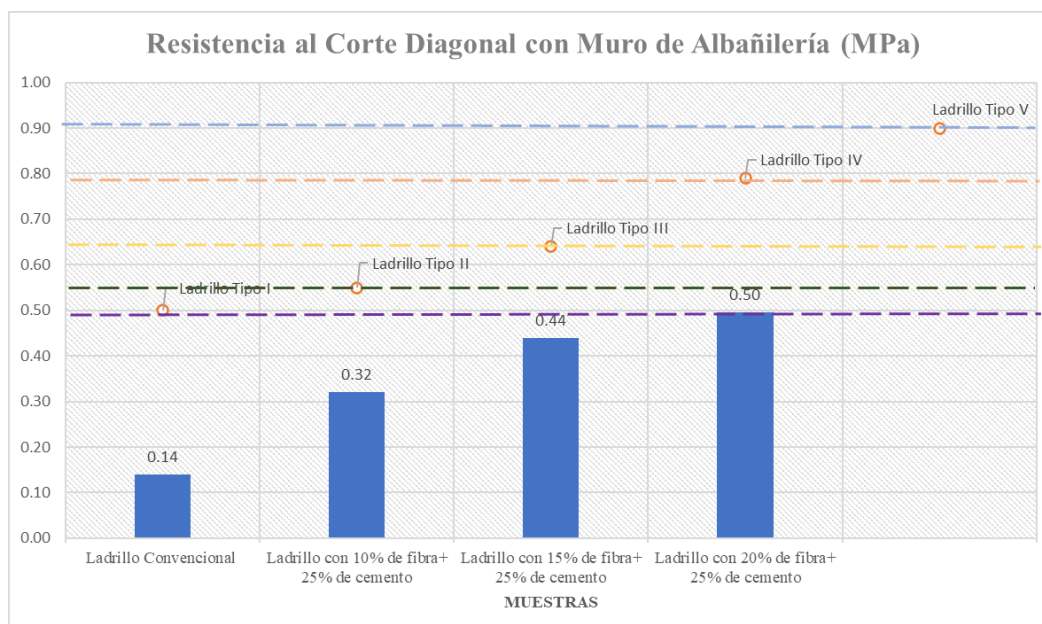


Gráfico 10: Resultados de Resistencia al Corte Diagonal con Muro de Albañilería

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la resistencia tiene un valor máximo de 0.50MPa para la Muestra 3. Comparando el valor obtenido con la resistencia mínima de un ladrillo Tipo I que indica la norma, se encuentra dentro de la resistencia.

El ensayo de resistencia al corte diagonal en muro de albañilería es importante ya que indica la resistencia ante una carga en un muro de 600mm x 600mm. Los valores obtenidos deben cumplir como mínimo para clasificar como un ladrillo tipo I, el cual requiere de un valor de 0.5MPa. Por ende, tomando en cuenta los valores obtenidos de

la Muestra 3 es de 0.50 MPa superando al ladrillo convencional que tiene un valor de 0.14 MPa, dichos valores se encuentran en la Tabla N°24 y Tabla N°32.

Rotura con pilas de ladrillo

Se observa los resultados de las unidades propuestas en la Tabla N°33.

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288.0	9130	29
02		288.0	9060	29
Promedio				29
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288.0	9790	31
02		288.0	9880	32
Promedio				31
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288.0	11020	35
02		288.0	11420	36
Promedio				36

Tabla 33: Resultados de Rotura con Pilas de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

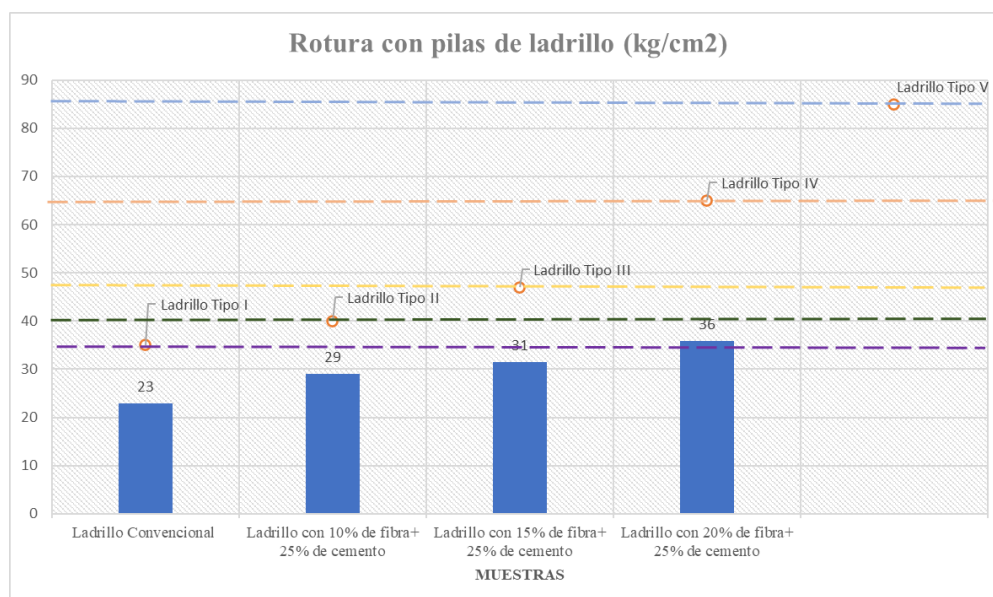


Gráfico 11: Resultados de Rotura con Pilas de las Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados indican que la resistencia de la Muestra 3 tiene un valor máximo de 36kg/cm². Comparando el valor obtenido con la resistencia mínima de un ladrillo Tipo I que indica la norma, se encuentra dentro de la resistencia.

El ensayo de rotura con pilas de ladrillos es importante ya que indica la resistencia ante una carga en una pila de ladrillos de 3 unidades. Los valores obtenidos deben cumplir como mínimo para clasificar como un ladrillo tipo I, el cual requiere de un valor de 35kg/cm². Por ende, tomando en cuenta los valores obtenidos el ladrillo convencional obtiene un valor de 23 kg/cm² mayor a la Muestra 3 con un valor de 36 kg/cm², mostrado en la Tabla N°25 y Tabla N°33.

Comparación de costos de un ladrillo convencional con las unidades propuestas

Costo del ladrillo convencional

Se realizó el análisis de costos unitarios tomando en cuenta la proporción de materia prima y mano de obra para la elaboración del material.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS					
Actividad	Extracción de suelo arcilloso				
Rendimiento:	4	m ³ /día			
				TOTAL S/.	38.54
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					37.42
Peón	hh	1	2	18.71	37.42
Materiales					0.00
Herramientas y equipos					1.12
Desgaste de herramientas	%MD		3.00%	37.42	1.12
Actividad	Mezclado y Molde				
Rendimiento:	1000	unidades/día			
				TOTAL S/.	0.20
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					0.15
Peón	hh	1	0.008	18.71	0.15
Materiales					0.04
Tierra arcillosa	m ³		0.0011	38.54	0.04
Arena Fina	m ³		0.0012	12	0.01
Agua	m ³		0.0009	10	0.01
Herramientas y equipos					0.01
Desgaste de herramientas	%MD		5.00%	0.15	0.01

Moldeo de las unidades					
Actividad					
Rendimiento:	1000	unidades/día			
					TOTAL S/. 0.16
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra	0.15				
Peón	hh	1	0.008	18.71	0.15
Materiales	0.00				
Herramientas y equipos	0.01				
Desgaste de herramientas	%MO		7.00%	0.15	0.01
Secado y acarreo					
Actividad					
Rendimiento:	1000	unidades/día			
					TOTAL S/. 0.16
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra	0.15				
Peón	hh	1	0.008	18.71	0.15
Materiales	0.00				
Herramientas y equipos	0.01				
Desgaste de herramientas	%MO		5.00%	0.15	0.01
Quemado en el horno					
Actividad					
Rendimiento:	700	unidades/día			
					TOTAL S/. 0.30
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra	0.21				
Peón	hh	1	0.0114	18.71	0.21
Materiales	0.09				
Cascarilla de Arroz (50kg)	sacos		0.00857143	10.00	0.09
Herramientas y equipos	0.01				
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.21	0.01
Costo por unidad	S/ 0.82				

Tabla 34: Análisis de Costo Unitario del Ladrillo Convencional

Fuente: Elaboración Propia

El costo de las unidades del ladrillo convencional se consideró todos los gastos incurridos en la producción, incluyendo la materia prima, mano de obra y otros costos asociados como se muestra en la Tabla N°34, obteniendo un costo de 0.82 soles. El cual es un valor que es útil para establecer precios de venta y evaluar la rentabilidad.

Costo de la unidad propuesta

Se realizó el análisis de costos unitarios tomando en cuenta la proporción de materia prima y mano de obra para la elaboración de las unidades propuestas.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Actividad	Extracción de suelo arcilloso					
Rendimiento:	4	m ³ /día			TOTAL S/.	38.54
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					37.42	
Peón	hh	1	2	18.71	37.42	
Materiales					0.00	
Herramientas y equipos					1.12	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	37.42	1.12	
Actividad	Mezclado y Moldeo de la unidad de albanilería					
Rendimiento:	1000	unidades/día			TOTAL S/.	0.48
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					0.30	
Peón	hh	2	0.016	18.71	0.3	
Materiales					0.18	
Tierra arcillosa	m ³		0.0013	38.54	0.05	
Arena Fina	m ³		0.0012	12	0.01	
Fibra de Cabuya	kg		0.0080	8	0.06	
Cemento Tipo I	bls		0.0017	21.5	0.04	
Agua	m ³		0.0010	10	0.01	
Herramientas y equipos					0.01	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.30	0.01	
Actividad	Acarreo y curado					
Rendimiento:	800	unidades/día			TOTAL S/.	0.20
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					0.19	
Peón	hh	1	0.01	18.71	0.19	
Materiales					0.01	
Agua	m ³		0.0005	10.00	0.01	
Herramientas y equipos					0.01	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.19	0.01	
Costo por unidad					0.68	

Tabla 35: Análisis de Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin cocción con 10% de Fibra de Cabuya y 25% de cemento tipo I

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS					
Actividad	Extracción de suelo arcilloso				
Rendimiento:	4	m ³ /día			
				TOTAL S/.	38.54
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra	37.42				
Peón	hh	1	2	18.71	37.42
Materiales	0.00				
Herramientas y equipos	1.12				
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	37.42	1.12
Actividad	Mezclado y Moldeo de la unidad de albanilería				
Rendimiento:	1000	unidades/día			
				TOTAL S/.	0.53
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra	0.30				
Peón	hh	2	0.016	18.71	0.3
Materiales	0.22				
Tierra arcillosa	m ³		0.0014	38.54	0.05
Arena Fina	m ³		0.0013	12	0.02
Fibra de Cabuya	kg		0.0128	8	0.10
Cemento Tipo I	bls		0.0018	21.5	0.04
Agua	m ³		0.0011	10	0.01
Herramientas y equipos	0.01				
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.30	0.01
Actividad	Acarreo y curado				
Rendimiento:	800	unidades/día			
				TOTAL S/.	0.20
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra	0.19				
Peón	hh	1	0.01	18.71	0.19
Materiales	0.01				
Agua	m ³		0.0005	10.00	0.01
Herramientas y equipos	0.01				
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.19	0.01
Costo por unidad	0.73				

Tabla 36: Análisis de Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin cocción con 15% de Fibra de Cabuya y 25% de cemento tipo I

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Actividad	Extracción de suelo arcilloso					
Rendimiento:	4	m ³ /día			TOTAL S/.	38.54
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					37.42	
Peón	hh	1	2	18.71	37.42	
Materiales					0.00	
Herramientas y equipos					1.12	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	37.42	1.12	
Actividad	Mezclado y Moldeo de la unidad de albanileria					
Rendimiento:	1000	unidades/día			TOTAL S/.	0.58
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					0.30	
Peón	hh	2	0.016	18.71	0.3	
Materiales					0.27	
Tierra arcillosa	m ³		0.0014	38.54	0.05	
Arena Fina	m ³		0.0013	12	0.02	
Fibra de Cabuya	kg		0.0190	8	0.15	
Cemento Tipo I	bls		0.0018	21.5	0.04	
Agua	m ³		0.0014	10	0.01	
Herramientas y equipos					0.01	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.30	0.01	
Actividad	Acarreo y curado					
Rendimiento:	800	unidades/día			TOTAL S/.	0.20
Descripción:	Und	Cuadrilla:	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de obra					0.19	
Peón	hh	1	0.01	18.71	0.19	
Materiales					0.01	
Agua	m ³		0.0005	10.00	0.01	
Herramientas y equipos					0.01	
Desgaste de herramientas	%MO		3.00%	0.19	0.01	
Costo por unidad	0.78					

Tabla 37: Análisis de Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin cocción con 20% de Fibra de Cabuya y 25% de cemento tipo I

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al costo de las unidades propuestas, se realizó un análisis de los costos involucrados en su producción. Se consideran todos los gastos, desde la materia prima hasta la mano de obra y otros costos asociados. Después de este análisis, se prolongará que el costo unitario de producción de cada unidad es de 0.68 soles para la Muestra 1, 0.73 soles para la Muestra 2 y 0.78 soles para la Muestra 3, como se muestra en la Tabla N°35, Tabla N°36 y Tabla N°37. Este valor es significativamente menor que el costo de producción del ladrillo sin la adición de fibra de cabuya, lo que indica que la inclusión de este material en la mezcla es una estrategia efectiva para reducir costos de producción.

Discusión de resultados

COMPARACIÓN DE RESULTADOS										
		Ladrillo Convencional	Ladrillo con 10% de fibra de cabuya + 2% de cemento tipo I	Ladrillo con 15% de fibra de cabuya + 25% de cemento tipo I	Ladrillo con 20% de fibra de cabuya + 25% de cemento tipo I	Prasama (80% suelo+10% cemento+12% de ceniza de bagazo de caña)	da Silva (60% suelo+10% cemento+20% PET)	Calvani (suelo-cemento+5% de Endocarpio Aculeata)	Cerqueira (Bloques prensados y quemados)	
PROPIEDADES FÍSICAS	Variación	%	1.79	0.79	1.19	0.79	-	-	-	-
	Alabeo	mm	3.55	2.75	2.1	3.5	-	-	-	-
	Densidad	g/cm ³	1.38	1.37	1.41	1.38	-	-	-	-
	Absorción	%	22.16	19.31	17.67	18.65	-	-	-	20.84
	Succión	g/cm ²	112	49	51	45	-	-	-	-
PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la Compresión	MPa	1.37	3.24	4.02	5.3	2.58	1.8	5	5.28
	Resistencia al Corte Diagonal con Muro de Albañilería	MPa	0.14	0.32	0.44	0.5	-	-	-	-
	Rotura con Filas de Ladrillo	kg/cm ²	23	29	31	36	-	-	-	-
COSTO	S/	0.82	0.68	0.73	0.78	-	-	-	-	-

Tabla 38: Comparación de Resultados

Fuente: Elaboración Propia

El aumento significativo en la fabricación de materiales de construcción, principalmente de ladrillos. Por ende, la innovación de nuevos materiales ha cobrado mayor importancia, destacando la incorporación de materiales orgánicos como la fibra.

En esta investigación se presenta una alternativa con respecto a la fabricación de unidades de albañilería sin cocción, utilizando la fibra de cabuya y cemento tipo I. El objetivo principal

de este estudio es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades propuestas y compararlas con las de los ladrillos artesanales, además de analizar su costo por unidad.

La incorporación de dicha fibra tiene características que mejoran la resistencia y durabilidad en ambientes húmedos, y el uso del cemento tipo I es accesible, por ende, facilita la implementación de esta propuesta.

Por ello, en esta investigación, se realizaron ensayos para obtener resultados de las propiedades físicas y mecánicas tanto de los ladrillos convencionales como de las unidades propuestas, con el objetivo de analizar la viabilidad y el desempeño como material de construcción. A continuación, se discuten los resultados obtenidos y se comparan con los estándares de calidad para materiales de construcción.

La variación dimensional mostrada en la Tabla N°38, afecta directamente la calidad y la precisión de la construcción. En esta investigación, se mide la variación en porcentaje de las unidades ensayadas. Se observa que las unidades propuestas presentaron una variación dimensional significativamente menor que los ladrillos convencionales. En particular, la Muestra 3 presentó una variación dimensional de 0.79%, la cual es menos de la mitad de la variación dimensional del ladrillo convencional.

El alabeo mostrado en la Tabla N°38 es otra propiedad física importante que afecta la calidad y la precisión de la construcción. Los resultados muestran que las unidades propuestas presentan un alabeo significativamente menor que los ladrillos convencionales. En particular, la Muestra 2 presentó el menor alabeo de todas las unidades propuestas, con un valor de 2,1 mm. Esto indica que las unidades propuestas son más adecuadas para la construcción de estructuras estables.

La densidad mostrada en la Tabla N°38 es una propiedad física importante que afecta la resistencia y la durabilidad de los ladrillos. Observando que las unidades propuestas presentaron una densidad similar a la de los ladrillos convencionales.

La absorción mostrada en la Tabla N°38 y Gráfico N°12 es otra propiedad física importante que afecta la resistencia y la durabilidad de los ladrillos. Observando que las unidades propuestas presentaron una absorción significativamente menor que los ladrillos convencionales. En particular, la Muestra 2 presentó la menor absorción de todas las unidades propuestas, con un valor de 17.67%. Esto indica que las unidades propuestas son más resistentes al agua y, por lo tanto, más duraderos en ambientes húmedos.

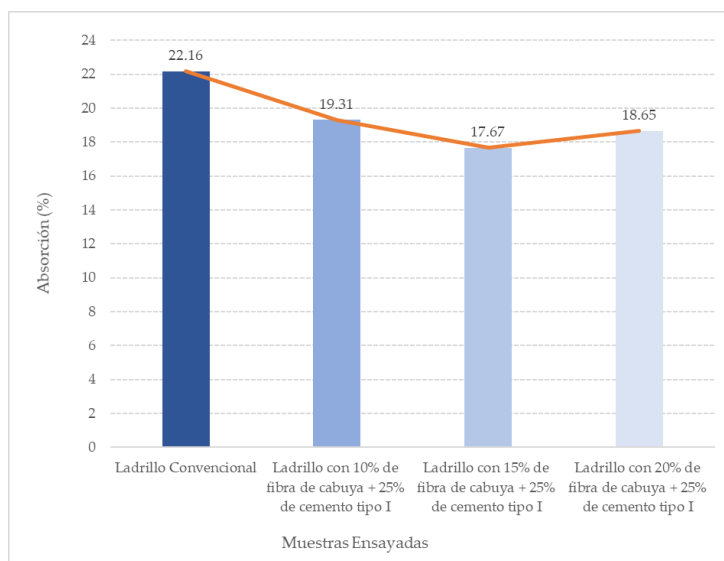


Gráfico 12: Comparación de Resultados de la Absorción
Fuente: Elaboración Propia

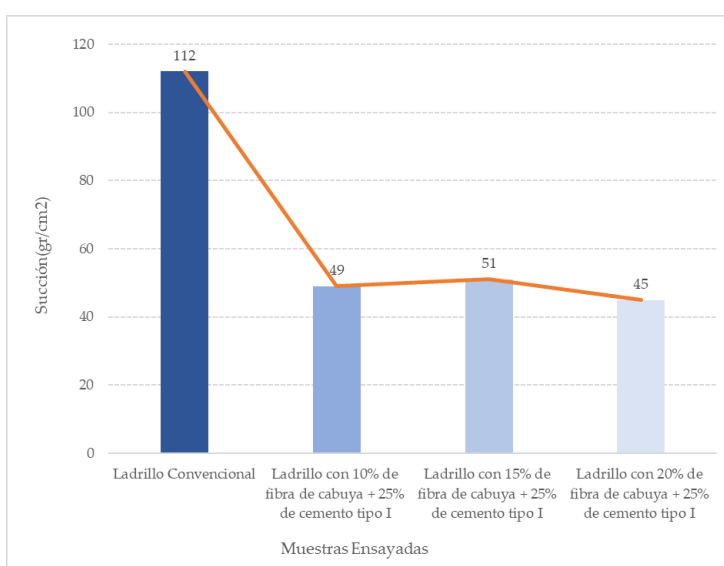


Gráfico 13: Comparación de Resultados de la Succión
Fuente: Elaboración Propia

La succión mostrada en la Tabla N°38 y Gráfico N°13 es otra propiedad física importante que afecta la resistencia y la durabilidad de los ladrillos. Observando que las unidades propuestas presentaron una succión significativamente menor que los ladrillos convencionales. En particular, la unidad Muestra 3 presentó la menor succión de todas las unidades ensayadas.

Con respecto a las propiedades mecánicas evaluadas en las unidades propuestas, los resultados muestran un aumento significativo a medida que se incrementa la cantidad de fibra y cemento en la mezcla. En el caso de la resistencia a la compresión mostrada en la Tabla N°38 y Gráfico N°14, la unidad artesanal tuvo una resistencia de 1.37 MPa, mientras que la Muestra

3 alcanzó una resistencia de 5.3 MPa, lo que representa un aumento del 74%. Similarmente, la resistencia al corte diagonal con muro de albañilería mostrado en la Tabla N°38, aumentó del 0.14 MPa en el ladrillo convencional a 0.5 MPa en la Muestra 3, lo que representa un aumento del 72%.

Adicionalmente, la falla de los muretes del ladrillo convencional y las unidades propuestas se produce tanto a través de las unidades como el mortero que las une como se muestra en la ilustración N°35. Esta observación sugiere que existe una adecuada adherencia entre los elementos, lo que contribuye a una mayor resistencia. En el caso de las unidades propuestas, resalta el comportamiento de adherencia entre la fibra y el cemento ya que mejora la cohesión interna del material y esto le proporciona obtener una mayor capacidad para resistir esfuerzos.



Ilustración 35: Falla de Muretes de Ladrillos convencionales y Unidades Propuestas

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la rotura con pilas de ladrillo mostrada en la Tabla N°38, los resultados también indican un aumento en la resistencia al incrementar la cantidad de fibra y cemento en la mezcla. El ladrillo convencional tuvo una resistencia de 23 kg/cm², mientras que la Muestra 3 logró una resistencia de 36 kg/cm², lo que representa un aumento del 36%.

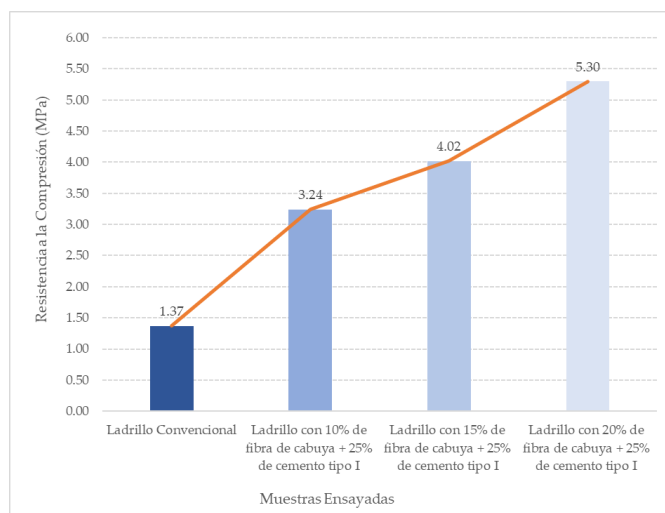


Gráfico 14: *Comparación de Resultados de la Resistencia a la Compresión*

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la falla presentada en las pilas de ladrillo, se puede inferir a partir de la ilustración N°36 que las unidades propuestas soportaron una carga mayor en comparación con el ladrillo artesanales. Además, la forma de la falla indica que la unidad propuesta no se fragmenta de la misma manera que el ladrillo convencional, sino que adopta un comportamiento de material dúctil. Esto se debe a las propiedades de la fibra utilizada, que le permite soportar las tensiones generadas por los esfuerzos internos del material.



Ilustración 36: *Falla de Pilas de ladrillos convencionales y unidades propuestas*

Fuente: Elaboración Propia

En consecuencia, se puede concluir que la unidad propuesta posee una mayor resistencia a los esfuerzos en comparación con los ladrillos artesanales. Es decir, que el material es más dúctil, ya que no se rompe de manera fragmentada ante cargas elevadas, sino que experimenta

deformaciones antes de colapsar. Estas comprobaciones respaldan la viabilidad del uso de la fibra y el cemento en la mejora de las propiedades mecánicas de los ladrillos, lo que podría tener mejores resultados en su desempeño y resistencia estructural.

Adicionalmente, se realizó una comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con otros estudios que han evaluado la resistencia a la compresión de diferentes adiciones a ladrillos de suelo-cemento, como se muestran en la Tabla N°38 y Gráfico15.

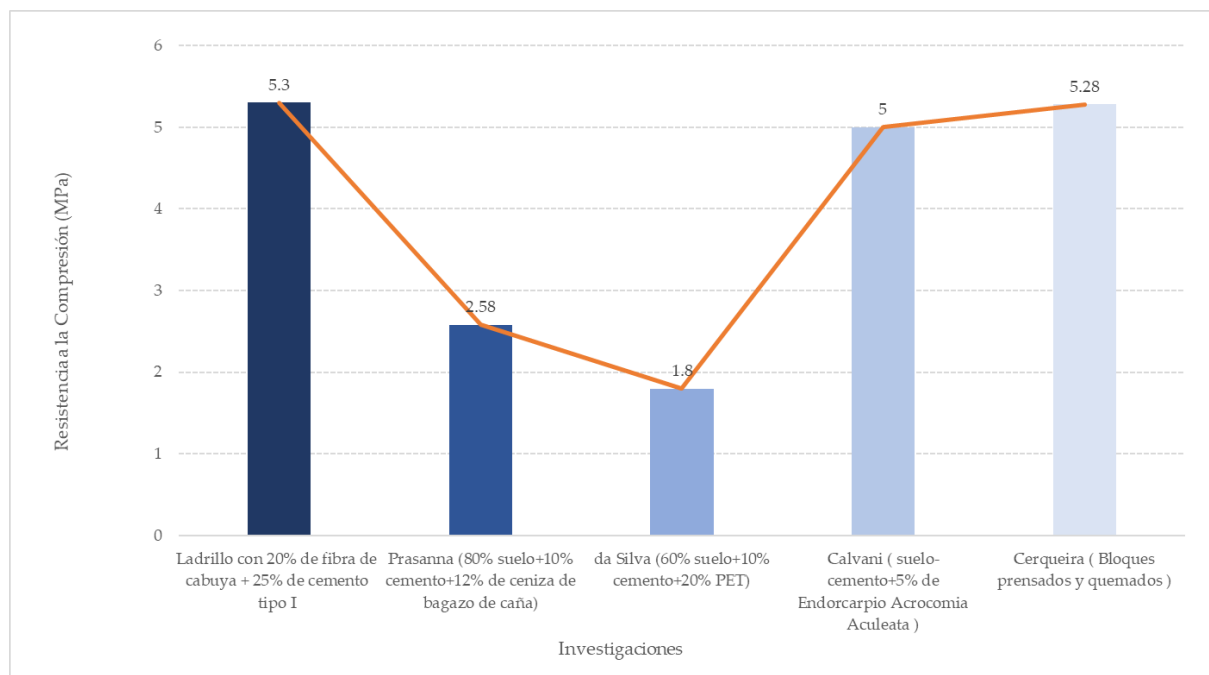


Gráfico 15: Comparación de Resultados con Investigaciones

Fuente: Elaboración Propia

Prasanna et al. [35], realizó la propuesta de bloques de suelo estabilizado con diversas proporciones, destacando la muestra de 80% suelo, 12% ceniza de bagazo de caña de azúcar y 10% de cemento, obteniendo una resistencia a la compresión de 2.58MPa. En comparación con las muestras evaluadas en esta investigación presentan una resistencia de 51% mayor, tomando en cuenta la Muestra 3.

da Silva et al. [36], evaluó la adición de PET (tereflato de polietileno) en ladrillos de suelo cemento, con la muestra de 60% suelo, 20% PET y 10% de cemento, llegando a una resistencia a la compresión de 1.8MPa, comparándola con la resistencia obtenida con la Muestra 3 presenta un valor 66% mayor. Por ende, se puede decir que la adición de la fibra mejora la resistencia en relación del PET.

Calvani et al. [37], propuso incorporar los residuos de Acrocomia aculeata (AE), el cual es un fruto de Brasil a los ladrillos de suelo-cemento obteniendo una resistencia a la compresión

de 5MPa con una adición del 5% de AE. Comparando con los resultados obtenidos en esta investigación tienen una diferencia del 5.7% en esta propiedad.

Cerqueira et al. [38], estudió el comportamiento de los bloques prensados y quemados obteniendo resultados en la absorción de 20.84% y resistencia a la compresión de 5.28MPa. En comparación a las unidades realizadas en esta investigación se tiene una diferencia de 10.5% en absorción y 0.4% en la resistencia.

En comparación, los resultados de esta investigación indican que la incorporación de la fibra aumenta significativamente la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería sin cocción. En particular, la Muestra 3.

Además, se destaca que la relación agua – cemento del diseño de mezcla propuesto para la dosificación óptima, cumple con brindar la resistencia para poder cumplir con los parámetros establecidos en la Norma E070.

Esto demuestra que las fibras naturales mejoran las propiedades mecánicas de los materiales de construcción, y por ende es una alternativa viable. Sin embargo, se deben considerar las proporciones óptimas de fibra y cemento para lograr el mejor rendimiento relacionado al costo y resistencia a la compresión.

Es por eso que la evaluación económica de ladrillos es un aspecto clave a considerar en la adopción de cualquier nueva tecnología de construcción. En este, se evaluó el costo por unidad de los ladrillos convencionales y las unidades propuestas.

Los resultados muestran que el ladrillo convencional tiene un costo por unidad de 0.83 soles. Por otro lado, la Muestra 1 tiene un costo por unidad de 0,67 soles, lo que representa una reducción del 19,3% con respecto al ladrillo convencional. La Muestra 2 presenta un costo por unidad de 0.72 soles, lo que representa una reducción del 13.3% con respecto al ladrillo convencional. Finalmente, la Muestra 3 tiene un costo por unidad de 0.77 soles, lo que representa una reducción del 7.2% con respecto al ladrillo convencional.

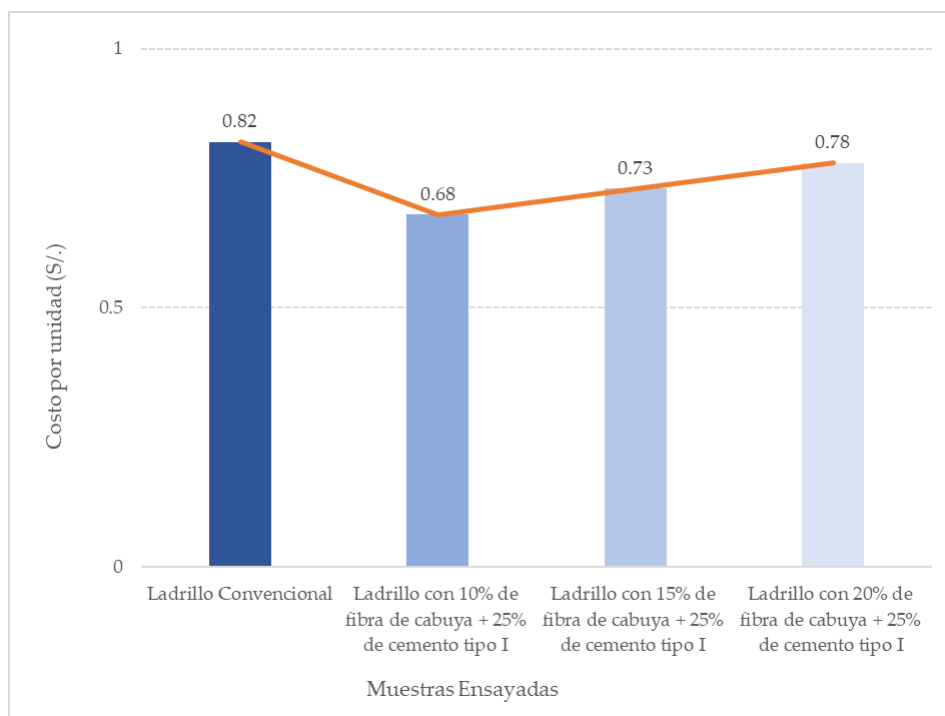


Gráfico 16: Comparación de Resultados de Costo por unidad

Fuente: Elaboración Propia

La incorporación en las unidades de albañilería sin cocción puede conducir a una reducción significativa en el costo por unidad. Además, se observa que las unidades con una menor proporción de fibra presentan un costo por unidad aún más bajo que las unidades con una mayor proporción de fibra. En consecuencia, la propuesta de unidades albañilería sin cocción tiene un potencial económico.

Por ende, la incorporación en la fabricación de unidades de albañilería sin cocción ha dado como resultado un material con propiedades físicas y mecánicas superiores en comparación con el ladrillo convencional. En cuanto a los costos por unidad, se ha encontrado que la Muestra 1 presenta el menor costo, con un valor de 0.67 soles por unidad, mientras que el ladrillo convencional tiene un costo de 0.83 soles por unidad.

Sin embargo, no se puede tomar la decisión de utilizar únicamente la Muestra 1 basándose en el costo por unidad, ya que las propiedades físicas y mecánicas también son importantes en la calidad del producto y en su capacidad para ser utilizado en la construcción.

Por ello, es importante considerar que las unidades con mayor contenido de fibra (Muestra 2 y 3) presentan una mayor resistencia, lo que las convierte en una opción para construcciones que requieren resistencia estructural. Además, la Muestra 3 tiene una menor absorción, por lo tanto, mayor durabilidad y resistencia a la intemperie.

Por lo tanto, la proporción adecuada de la adición propuesta para la fabricación de las unidades se considera tanto el costo como las propiedades para el uso previsto. Por ello, se recomienda el uso de la Muestra 1 en construcciones que requiere una menor resistencia estructural, mientras que el uso de la Muestra 2 y 3 cuando se requiera mayor resistencia estructural y durabilidad en ambientes de mayor exposición.

En conclusión, la adición mejoró significativamente las propiedades mecánicas y físicas. Por lo tanto, las unidades propuestas tienen el potencial de ser utilizados como alternativa a los ladrillos convencionales en aplicaciones de albañilería.

Conclusiones

- La adición de la fibra de cabuya en las unidades de albañilería sin cocción mejora significativamente las propiedades físicas y mecánicas del material en comparación con los ladrillos artesanales. En particular, se observó que la adición de fibra de cabuya en 20% y cemento tipo I con proporción de 25% produjo un aumento en la resistencia a la compresión del 74% con un valor de 5.3MPa, asimismo redujo la absorción en un 16% y la succión en un 59.8% con valores de 18.65% y 45gr/cm² respectivamente en comparación con los ladrillos artesanales. Según los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que la dosificación del 20% de fibra de cabuya y 25% de cemento tipo I se clasifica como un ladrillo Tipo I cumpliendo con los requerimientos indicados en la Norma E070, por ende, es una alternativa para un ladrillo artesanal.
- Las fallas observadas en la ilustración N°35 y N°36, identificó que los muretes y pilas de ladrillo convencional y las unidades propuestas presentaron una falla que pasaba por la unidad y el mortero, indicando una adherencia óptima y una resistencia mayor. Sin embargo, debido a la deformación observada por las unidades propuestas, se evidenció una mayor ductilidad en comparación con los ladrillos convencionales, que tienden a fragmentarse al romperse.
- De acuerdo al tipo de falla presentado en los muretes y pilas, se concluye que el mortero diseñado con relación cemento-arena 1:4 resultó ser el adecuado para la construcción con las unidades propuestas, ya que presentó una adherencia óptima impidiendo la falla por mortero.
- El tipo de suelo utilizado para la elaboración de los ladrillos propuestos está clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH) con una composición de 10.1% de arena fina y 88.6% de arcilla y limo. El porcentaje de arcilla presente en el suelo influye en el resultado final del material debido a que aporta resistencia cuando está endurecida.
- La alta plasticidad del suelo arcilloso utilizado en la mezcla permite un buen moldeado de los ladrillos, lo cual contribuye a tener una mayor uniformidad de las dimensiones y forma de los ladrillos garantizando una colocación más precisa y eficiente de las unidades durante la construcción.
- El contenido de sales en la tierra utilizada en la mezcla es de 0.053%, resultado que es favorable ya que no supera el 1% de sales recomendado, siendo apto para la elaboración

de las unidades ya que no se tendría problemas de daños por salinidad en los muros que se elaboren con este material.

- La relación agua – cemento de la dosificación óptima es de 1.41, la cual ha demostrado optimizar la resistencia del material y la durabilidad frente a las condiciones ambientales, según los resultados obtenidos de las propiedades mecánicas. Además, el porcentaje de huecos en las unidades propuestas tienen un valor del 25%, lo cual cumple con los parámetros de la Norma E070, teniendo como consecuencia una adecuada distribución de cargas y estabilidad estructural.
- Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que los ladrillos propuestos son una alternativa viable debido a que cumplió con las propiedades físicas y mecánicas que indica la Norma E070, además de presentar una importante reducción de los costos de producción en comparación con los ladrillos artesanales. La muestra 1 tiene un costo de 0.68 soles, la muestra 2 de 0.73 soles y la muestra 3 de 0.78 soles, por ende, representa una solución accesible y de alta calidad.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el suelo de arcilla de alta plasticidad (CH), ya que al utilizar otro tipo puede afectar en la trabajabilidad de la mezcla y las propiedades físico-mecánicas.
- Se recomienda utilizar moldes con las cantidades establecidas en el diseño de mezcla mostrado en la Tabla N°13 para la dosificación de las unidades. Esto asegura que se cumpla con la dosificación adecuada de los materiales y evitará que sean afectados los resultados de las propiedades.
- Para evitar las variaciones dimensionales mayores a lo establecido en la Norma E070, se sugiere aplicar un incremento de 1 cm en cada lado del molde o gavera, con el fin de obtener unidades con las dimensiones requeridas ya que durante el proceso de secado los ladrillos tienden a reducir su tamaño de 1 a 0.5 cm en cada lado aproximadamente. Por lo tanto, al agregar este aumento al molde se compensará la reducción.
- Durante el proceso de secado se recomienda almacenar las muestras a temperatura ambiente y cubrirlas con una manta plástica en caso de lluvias.
- Para el proceso de asentamiento de las unidades, se debe humedecer ambas caras de las unidades empleando un método que no erosione la superficie de la unidad. Esto asegurará una adecuada adherencia y fijación.
- Se recomienda utilizar una mezcla de mortero de cemento-arena en proporción 1:4 con juntas de espesor de 1.5cm, ya que los resultados obtenidos cumplen con los requisitos establecidos en la Norma E070 para los ensayos de pilas y muretes.
- De requerir un retazo de la unidad se utilizará una herramienta como cortadora o amoladora. Estas herramientas permiten realizar cortes sin dañar la unión de la unidad debido a la fibra de cabuya.
- Se recomienda que antes del tarrajeo se humedezca con un rociador la superficie con el fin de aumentar la adherencia y evitar que la unidad absorba agua al diseño del mortero.

Referencias

- [1] N. Ossearian y C. Lindmeier, «Organización Mundial de la Salud,» 02 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>.
- [2] A. A. Berumen Rodríguez, F. J. Pérez Vázquez, F. Díaz Barriga, L. E. Márquez Mireles y R. Flores Ramírez, «Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México,» *Mexican Drinks Factories*, vol. 63, nº 1, pp. 100-108, 2021.
- [3] R. I. Cruz Maldonado, E. Andrea Mora y D. Alfonso Bonilla, «LOS RETOS DE LA INDUSTRIA LADRILLERA EN LA ACTUALIDAD PARA LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES DE LADRILLO Y PRODUCTOS EN ARCILLA,» *Corporación Universitaria Minuto de Dios*, vol. 2, nº 2, pp. 95-101, 2019.
- [4] M. Á. Ospina García, Fabricación de bloques en mortero de cemento para mampostería con adición de la fibra del coco en la isla de providencia y Santa Catalina, Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2019.
- [5] C. Peters, «Construcción Latinoamericana,» 28 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/industria-peruana-de-ladrillo-comercializa-u-500-millones-anuales/4129538.article>.
- [6] Programa Regional de Aire Limpio y Ministerio de la Producción, «ESTUDIO DIAGNOSTICO SOBRE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL PERU,» Lima, 2018.
- [7] I. N. d. E. e. Informática, «Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital,» INEI, Perú, 2020.
- [8] K. D. P. Lopez Daza y D. B. Torbisco Ascuc, Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional del adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac, Abancay: Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.
- [9] F. Huamani Arango y E. L. Monge Hurtado, Estudio de la influencia de la fibra de cabuya en concretos de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ y $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, Lircay: Universidad Nacional de Huancavelica, 2018.

- [10] M. J. Palacios Carvajal, T. O. Castillo Campoverde y C. E. Donosco León, «Resistencia a compresión del superadobe, usando fibras de cabuya y prolipropileno como contenedor,» *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 2018.
- [11] C. A. Damiani Lazo, S. M. Cáceres Larico y A. G. Mamani Flores, «Concrete bricks with recycled rubber fibers: an alternative material for social housing,» *Ingeniería Social*, vol. 17, n° 3, 2021.
- [12] S. Getaneh Ababayehu y A. Mekonnen Engida, «Preparation of Biocomposite Material with Superhydrophobic Surface by Reinforcing Waste Polypropylene with Sisal (*Agave sisalana*) Fibers,» *International Journal of Polymer Science*, vol. 2021, 2021.
- [13] M. N. B. S. Melvin Glenn Veigna, «Cementitious composites made with natural fibers: Investigation of uncoated and coated sisal fiber,» *Scopus*, vol. 16, 2022.
- [14] S. Acosta Calderón, P. Gordillo Silva, N. García Troncoso, D. V. Bompá y J. Flores Rada, «Comparative Evaluation of Sisal and Polypropylene Fiber Reinforced Concrete Properties,» *Scopus*, vol. 10, n° 4, 2022.
- [15] ITINTEC, «Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E0.70: Albañilería,» Perú, 2006.
- [16] INDECOPI, «Norma Técnica Peruana NTP 339.128: Suelo Método de ensayo para análisis granulométrico,» Lima.
- [17] ITINTEC, «Norma Técnica Peruana NTP 399.129: Métodos de ensayo para determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad del suelo,» Lima.
- [18] INDECOPI, «Norma Técnica Peruana NTP 339.152: Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea,» Lima.
- [19] ITINTEC, «Norma Técnica Peruana NTP 331.017: Elementos de arcilla cocida,» Lima.
- [20] ITINTEC, «Norma Técnica Peruana NTP 331.018: Elementos de arcilla cocida usado en Albañilería,» Lima.
- [21] ITINTEC, «Norma Técnica Peruana NTP 399.613: Métodos de muestreo de ladrillos de arcilla usados en albañilería,» Lima.
- [22] INDECOPI, «Norma Técnica Peruana NTP 399.621: Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería,» Lima.

- [23] INDECOPI, «Norma Técnica Peruana NTP 399.605: Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.» Lima.
- [24] A. San Bartolomé, CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERIA, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
- [25] Á. San Bartolomé, D. Quim y W. Silva, Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería, Lima: Editorial PUCP, 2018.
- [26] J. Paéz Claro, Tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia, Cúcuta: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, 2020.
- [27] J. N. Gonzales Quijano, «Guía de Buenas prácticas para ladrilleras artesanales.» Ministerio de la Producción, Perú, 2010.
- [28] K. Wark y C. Warner, Contaminación del aire: Origen y control, México: Limusa, 2004.
- [29] J. Barranzuela Lescano, Proceso Productivo de los Ladrillos de Arcilla producidos en la Región Piura, Piura: PIRHUA, 2014.
- [30] J. I. Masaco Pinta, Mortero de cemento y refuerzo de fibra vegetal de cabuya, Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2018.
- [31] M. A. Aceredo de la Espriella y M. S. Luna Velasco, TRATAMIENTOS QUÍMICOS SUPERFICIALES PARA EL USO DE FIBRAS NATURALES EN LA CONSTRUCCIÓN: CONCRETOS Y MORTEROS, Cartagena: Universidad de Cartagena, 2021.
- [32] M. Á. Sanjuan Barbudo y S. Chinchón Yepes, «Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland.» Universidad de Alicante, Alicante, 2014.
- [33] P. Orihueta, J. Orihueta, C. Lazo y K. Ulloa, «Manual del Maestro Constructor.» Corporación Acero Arquipa S.A., Lima, 2022.
- [34] ITINTEC, «Norma Técnica Peruana NTP 331.019: Elementos de arcilla cocida usado en Albañilería.» Lima.
- [35] S. Prasanna, S. Sail, R. Patil, M. De Souza, A. Prasad, A. Gavandalkar y Y. Gaude, «Strength analysis of soil blocks admixed with sugarcane bagasse ash.» *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, vol. 10, 2021.

- [36] T. R. da Silva, D. Cecchin, A. R. G. d. Azevedo, I. Valadão, J. Alexandre, F. C. d. Silva, M. T. Marvila, M. Gunasekaran, F. G. Filho y S. N. Monteiro, «Technological Characterization of PET—Polyethylene Terephthalate—Added Soil-Cement Bricks,» *Materials*, vol. 14, n° 17, 2021.
- [37] C. Calvani, A.-M. Gonçalves, M. Silva, S. Oliveira, B. Marangoni, D. Reis y C. Cena, «Portland Cement/Acrocomia Aculeata Endocarp Bricks: Thermal Insulation and Mechanical Properties,» *Materials*, vol. 13, n° 9, 2020.
- [38] N. A. Cerqueira, J. A. Victor Souza, G. d. C. Xavier, R. Fedziuk, S. N. Monteiro, M. N. Barreto y A. R. d. Azevedo, «Mechanical Feasibility Study of Pressed and Burned Red Ceramic Blocks as Structural and Sealing Masonry,» *Materials*, vol. 15, n° 14, 2022.

Anexos

Anexo 1

INFORMACION SOCIOECONOMICA

DEPARTAMENTO	N° EMPRESAS	N° TRABAJADORES	NIVEL EDUCATIVO JEFE DE FAMILIA	INGRESO PROMEDIO	OTRAS ACTIVIDADES QUE REALIZAN	PROBLEMAS DE SALUD IDENTIFICADOS	ORGANIZACIÓN DE LADRILLEROS	ACCESO A SERVICIOS PUBLICOS	
								AGUA	LUZ
PUNO	435	8	Secundar Comp.	400	Ninguna	enfermedades respiratorias y visión	asociados por concesión minera	no	no
CAJAMARCA	243	9	Secundar Comp.	1000	Agricultura y ganadería	enfermedades respiratorias	Ninguna	si	si
LA LIBERTAD	27	5	Secundar Comp.	1000	Ninguna	ninguna	Ninguna	si	si
LAMBAYEQUE	115	7	Secundar Incomp.	400	agricultura	enfermedades respiratorias	Ninguna	no	no
PIURA	116	8	Secundar Incomp.	500	Ninguna	enfermedades respiratorias	Ninguna	no	no
AYACUCHO	117	5	Secundar Comp.	700	Agricultura y ganadería	enfermedades respiratorias	asociados por concesión minera	si	no
LIMA	22								
TACNA	6								
AREQUIPA	148	6	Secundar Comp.	1000	Ninguna	enfermedades respiratorias	existen 4 asociaciones	no	no
CUSCO	473	7	Secundar Incomp.	300	Agricultura y ganadería	enfermedades respiratorias	existen 2 asociaciones	no	no

Tabla 39: Información de las Ladrilleras de los Departamentos

Fuente: Programa Regional de Aire Limpio y Ministerio de la Producción [6]

Anexo 2

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	ZONAS	N° DE EMPRESAS
Lambayeque	Chiclayo	José Leonardo Ortiz	Carretera Chiclayo – Ferreñafe	50
Lambayeque	Chiclayo	Chiclayo	Salida de Chiclayo hacia el Sur	10
Lambayeque	Chiclayo	Moncefu	Camino Chiclayo – Moncefu y en el Caserío Callanca	25
Lambayeque	Ferreñafe	Ferreñafe	Salida de Ferreñafe	10
Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque	Salida de Lambayeque	20
TOTAL				115

Tabla 40: Número de Empresas del Departamento de Lambayeque

Fuente: Programa Regional de Aire Limpio y Ministerio de la Producción [6]

Anexo 3

DESCRIPCIÓN	CEMENTO NACIONAL TIPO I	CEMENTO TIPO I según NTP 334.009 y ASTM C-150
Contenido de aire. Máx. %.	9	12
Superficie específica (cm ² /g). Min.	4000	2600
Densidad (gr/ml).	3.08	NE
Expansión en autoclave. Máx. %.	0.05	0.8
Resistencia a la compresión Kgf/cm ² .		
1 Día	170	NE
3 Días	290	122 mín.
7 Días	330	194 mín.
28 Días	400	NE
Tiempo de fraguado Vicat. Minutos.		
Inicial	110	45 mín
Final	250	375 máx

Tabla 41: Ficha Técnica del Cemento Tipo I

Fuente: Cemento Nacional

Anexo 4: Corrección y Diseño de mezcla final

DISEÑO DE MEZCLA			
PESO DE MATERIALES POR BALDE (gr)			Peso del balde
TIERRA	5350	BALDE 4L	190
CEMENTO	4410		
FIBRA	75		
AGUA	4210		
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 LADRILLOS CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA			
	Nº de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	2,5	13375	61%
Fibra (bal)	0,5	37,5	0%
Cemento (bal)	0,5	2240	10,2%
Agua (bal)	0,5	6315	29%
Peso total		21967,5	100%
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
1 LADRILLO CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA			
	Peso (gr)		
Tierra	3343,8		
Fibra	9,4		
Cemento	560,0		
Agua	1578,8		
Peso total		5491,9	
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 LADRILLOS CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA			
	Nº de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	2,5	13375	61%
Fibra (bal)	0,75	56,25	0%
Cemento (bal)	0,5	2240	10,2%
Agua (bal)	0,5	6315	29%
Peso total		21986,25	100%
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
1 LADRILLO CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA			
	Peso (gr)		
Tierra	3343,8		
Fibra	14,1		
Cemento	560,0		
Agua	1578,8		
Peso total		5496,6	
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 LADRILLOS CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA			
	Nº de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	2,5	13375	61%
Fibra (bal)	1	75	0%
Cemento (bal)	0,5	2240	10,2%
Agua (bal)	0,5	6315	29%
Peso total		22005	100%
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
1 LADRILLO CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA			
	Peso (gr)		
Tierra	3343,8		
Fibra	18,8		
Cemento	560,0		
Agua	1578,8		
Peso total		5501,3	
CORRECCIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA			
PESO DE MATERIALES POR BALDE (gr)			Peso del balde
TIERRA	5350	BALDE 4L	190
ARENA	5000		
CEMENTO	4410		
FIBRA	75		
AGUA	4210		
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 LADRILLOS CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA			
	Nº de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	1	5350	32%
Arena (bal)	1	5000	30%
Fibra (bal)	0,5	37,5	0,2%
Cemento (bal)	0,5	2240	13%
Agua (bal)	1	4210	25%
Peso total		16837,5	100%
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
1 LADRILLO CON PROPORCION DE 10% DE FIBRA			
	Peso (gr)		
Tierra	1337,5		
Arena	1250,0		
Fibra	9,4		
Cemento	560,0		
Agua	1052,5		
Peso total		4209,4	
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 LADRILLOS CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA			
	Nº de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	1	5350	32%
Arena (bal)	1	5000	30%
Fibra (bal)	0,75	56,25	0,3%
Cemento (bal)	0,5	2240	13%
Agua (bal)	1	4210	25%
Peso total		16856,25	100%
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
1 LADRILLO CON PROPORCION DE 15% DE FIBRA			
	Peso (gr)		
Tierra	1337,5		
Arena	1250,0		
Fibra	14,1		
Cemento	560,0		
Agua	1052,5		
Peso total		4214,1	
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
PARA 4 LADRILLOS CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA			
	Nº de veces	Peso (gr)	Porcentaje
Tierra (bal)	1	5350	32%
Arena (bal)	1	5000	30%
Fibra (bal)	1	75	0,4%
Cemento (bal)	0,5	2240	13%
Agua (bal)	1,25	5262,5	31%
Peso total		17927,5	106%
DOSIFICACIÓN DE MUESTRA			
1 LADRILLO CON PROPORCION DE 20% DE FIBRA			
	Peso (gr)		
Tierra	1337,5		
Arena	1250,0		
Fibra	18,8		
Cemento	560,0		
Agua	1315,6		
Peso total		4481,9	

Tabla 42: Corrección y Diseño Final de Mezcla

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5: Resultado de Ensayos de Granulometría e índice de plasticidad



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

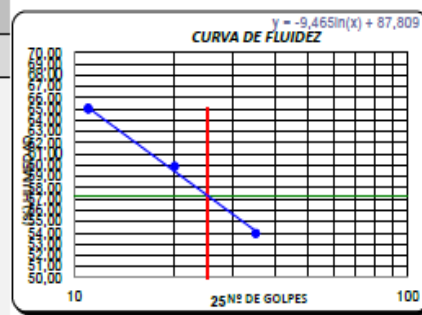


Tesista : Angie Tatiana Briones Diaz
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
 Lugar : Chilayo, Lambayeque
 Fecha de emisión : Chilayo, 15 de Septiembre del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.126 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 399.127: 1998

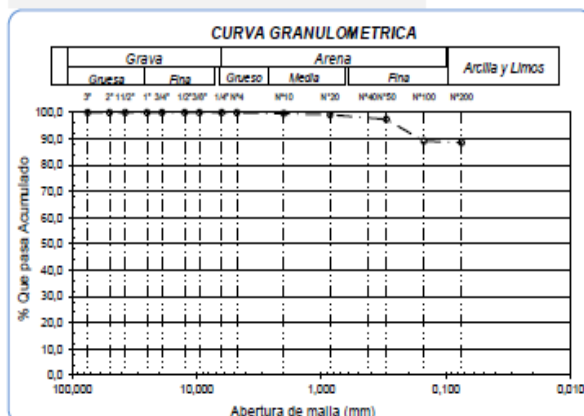
Muestra: M-1 Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Que pasa
3"	75,000	0,0	100,0
2"	50,000	0,0	100,0
1 1/2"	37,500	0,0	100,0
1"	25,000	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	100,0
1/4"	6,300	0,0	100,0
Nº 4	4,750	0,0	100,0
Nº 10	2,000	0,3	99,7
Nº 20	0,850	0,8	99,2
Nº 50	0,300	2,6	97,4
Nº 100	0,150	10,8	89,2
Nº 200	0,075	11,4	88,6



Distribución granulométrica				Ensayo de Límite de Atterberg	
% Grava	G.G. %	0,0		Límite líquido (LL)	NP 57,34 (%)
	G. F. %	0,0	0,0	Límite Plástico (LP)	NP 23,19 (%)
	A.G %	0,3		Índice Plástico (IP)	NP 34,15 (%)
% Arena	A.M %	1,0		Clasificación (S.U.C.S.) CH	
	A.F %	10,1	11,4	Descripción del suelo Arcilla de alta plasticidad	
% Arcilla y Limo		88,6	88,6	Clasificación (AASHTO) A-7-6 (15)	
Total			100,0		

Contenido de Humedad 3,8



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 6: Resultado de Contenido de Sales Solubles en el suelo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Lugar : Chiclayo, Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 23 de Septiembre del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.152

Muestra: M-1

Profundidad: 0.10m. - 1.50m.

Análisis Contenido de Sales Solubles		
ENSAYO N°	1	2
PIREX N°	1	2
Nivel Pirex+ solución	50ml	50ml
Peso Pirex+ solución	69,2	70,11
Peso Pirex + sal residual	31,99	32,38
Peso Pirex	31,97	32,36
Peso sal residual	0,02	0,02
Peso agua evaporada	37,21	37,73
% sales solubles	0,054	0,053
Promedio %	0,053	



Anexo 7: Ficha Técnica de la Fibra de Cabuya

FICHA TECNICA DE CABUYA

PRODUCTO

Cabuya o también llamado Maguey. Su nombre técnico es Agave americana L.

PROCEDENCIA

Planta de la sierra del Perú.

RECOLECCIÓN

La recolección es manual y se extrae la fibra de las hojas mediante un proceso mecánico. Este proceso conlleva la extracción de la fibra de la planta y el embalaje en bultos.



COMPOSICIÓN

Fibra vegetal natural 100%

CONSERVACIÓN ANTES DE LA ELABORACIÓN

A temperatura ambiente y bajo sombra

PROCESO PREVIO A SU ELABORACIÓN

La materia prima formado por fibras de mas de 1 metro de longitud, primero se humedecen antes de empezar a trenzarlas de lo contrario no se podrá trabajar.

PROCESO DE ELABORACIÓN

Una vez obtenida la materia prima se rastilla la fibra para producir mechas continuas, las cuales son trenzadas manual mente por el operario. Este proceso es para obtener rollo que tengan longitudes que oscilan entre 10m a 12m.

CONSERVACIÓN DEL PRODUCTO ELABORADO

En un almacén a temperatura ambiente.

FORMATO

Rollos.

PESO

El peso del rollo es de 500 a 600gr

Anexo 8: Ficha Técnica del Ladrillo Covencional

FICHA TÉCNICA

MANUAL APOYO	LADRILLO ARTESANAL
---------------------	---------------------------

CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien: MACIZO			
Denominación técnica: MACIZO			
Grupo/ clase/ familia: CONSTRUCCIÓN NO ESTRUCTURAL			
Dimensiones (mm):	Altura	Ancho	Largo
	90	120	240
Peso	: 2.78Kg.		



Descripción general: La unidad es fabricada con arcilla moldeada y quemada en un horno artesanal.

CARACTERISTICAS TÉCNICAS

TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 331.017 - 399.613 – 399.604 este ladrillo corresponde:

A ningún tipo de ladrillo con fines estructurales.

CARACTERISTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 6.0	± 1.79
ALABEO (mm)	10	3.55
DENSIDAD (gr/ cm ³)	<1.5	1.38
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	50.0 Kg/cm ²	14.0 Kg/cm ²
ABSORCION (%)	Sin Límite	20.2
SUCCIÓN (gr/ cm ²)	± 61	±112

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación manual
- Secado tradicional

Anexo 9: Ficha Técnica de la Unidad con la proporción óptima

FICHA TÉCNICA

MANUAL APOYO	UNIDAD PROPUESTA
---------------------	-------------------------

CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien: MACIZO			
Denominación técnica: MACIZO			
Grupo/ clase/ familia: CONSTRUCCIÓN CON FINES ESTRUCTURALES			
Dimensiones (mm):	Altura	Ancho	Largo
	90	120	240
Peso	: 3.58Kg.		



Descripción general: La unidad es fabricada con arcilla, fibra de cabuya y cemento tipo I.

CARACTERISTICAS TÉCNICAS

TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 331.017 - 399.613 – 399.604 este ladrillo corresponde:

Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

CARACTERISTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 6.0	± 0.79
ALABEO (mm)	10	3.50
DENSIDAD (gr/ cm ³)	<1.5	1.38
RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)	50.0 Kg/cm ²	54.0 Kg/cm ²
ABSORCION (%)	Sin Límite	18.65
SUCCIÓN (gr/ cm ²)	± 61	±45

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación manual
- Curado por 7 días y secado a temperatura ambiente

Anexo 10: Resultado de Variación Dimensional del ladrillo convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Fabrica Ladrillos Artesanales

Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo Convencional	212,00	117,00	80,00
02		212,00	120,00	79,00
	PROMEDIO	212,00	118,50	79,50
	C.V.	0,00%	1,79%	0,89%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 11: Resultado de Alabeo del ladrillo convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Briones Díaz, Angie Tatiana
 Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Alabeo de ladrillo convencional					
Muestra	% Dosific.	Ladrillo convencional			
		Cara Arriba		Cara Abajo	
		Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código		mm		mm	
M - 1		3,10	0,00	0,00	2,00
M - 2		4,00	0,00	3,00	0,00
Promedio		3,55	0,00	1,50	1,00
D. EST. (%)		0,64	0,00	2,12	1,41

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.



Anexo 12: Resultado de Densidad del ladrillo convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 14 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Densidad del espécimen
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.018

Muestra N°	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm ³)	D (gr/cm ³)
01	Ladrillo Convencional	2746	1984	1,38
02	Ladrillo Convencional	2780	2010	1,38
			Promedio	1,38

DONDE:

G3 : ES LA MASA DEL ESPÉCIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

V : ES EL VOLUMEN , EXPRESADO EN CENTÍMETROS CÚBICOS.

D : ES LA DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN, EXPRESADA EN GRAMOS POR CENTÍMETROS CÚBICOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 13: Resultado de Absorción del ladrillo convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 14 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.813 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo Convencional	3310	2746	20,5
02	Ladrillo Convencional	3330	2780	19,8
Promedio				20,2

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 14: Resultado de Succión del ladrillo convencional

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 13 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de Succión
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo Convencional	21,2	12,0	144	113
02	Ladrillo Convencional	21,1	12,1	142	111
				Promedio	112

DONDE:

W : ES EL AUMENTO DE PESO, EXPRESADO EN GRAMOS.

S : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN GRAMOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 15: Resultado de Resistencia a la Compresión del ladrillo convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 03 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.813 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo Convencional	252	3980	15
02	Ladrillo Convencional	252	3790	14
03	Ladrillo Convencional	252	3720	14
Promedio				14

NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 03/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Anexo 16: Resultado de de Rotura con Pilas de ladrillo convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 09 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.605 : 2013

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo Convencional	252	7210	26
02	Ladrillo Convencional	252	7116	26
Promedio				26

NOTA:

- Ensayo realizado en pilas de tres ladrillos
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 09/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Anexo 17: Resultado de Variación Dimensional de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	241,00	120,00	90,00
02		240,00	119,00	89,00
PROMEDIO		240,50	119,50	89,50
C.V.		0,29%	0,59%	0,79%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	240,00	118,00	89,00
02		240,00	120,00	90,00
	PROMEDIO	240,00	119,00	89,50
	C.V.	0,00%	1,19%	0,79%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	240,00	119,00	90,00
02		240,00	120,00	89,00
PROMEDIO		240,00	119,50	89,50
C.V.		0,00%	0,59%	0,79%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 18: Resultado de Alabeo de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Briones Díaz, Angie Tatiana
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Alabeo de ladrillo					
Muestra	% Dosific.	Ladrillo con 10% de fibra + 25% de cemento			
	Concavo	Cara Arriba		Cara Abajo	
		Convexo	Concavo	Convexo	
# / Código	mm		mm		
M - 1	3,50	0,00	1,00	0,00	
M - 2	2,00	0,00	0,00	2,80	
Promedio	2,75	0,00	0,50	1,40	
D. EST. (%)	1,06	0,00	0,71	1,98	

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Briones Díaz, Angie Tatiana
 Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Alabeo de ladrillo				
% Dosific.	Ladrillo con 15% de fibra + 25% de cemento			
	Cara Arriba		Cara Abajo	
Muestra	Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código	mm		mm	
M - 1	3,00	0,00	4,00	0,00
M - 2	0,00	1,20	0,00	4,20
Promedio	1,50	0,60	2,00	2,10
D. EST. (%)	2,12	0,85	2,83	2,97

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Briones Díaz, Angie Tatiana
 Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES: Método de ensayo para el Alabeo
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Alabeo de ladrillo					
Muestra	% Dosific.	Ladrillo con 20% de fibra + 25% de cemento			
		Cara Arriba		Cara Abajo	
		Concavo	Convexo	Concavo	Convexo
# / Código		mm		mm	
M - 1	2,00	0,00	0,00	0,00	4,00
M - 2	3,00	0,00	0,00	0,00	3,00
Promedio	2,50	0,00	0,00	0,00	3,50
D. EST. (%)	0,71	0,00	0,00	0,00	0,71

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.



Anexo 19: Resultado de Densidad de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Densidad del espécimen
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.018

Muestra N°	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm3)	D (gr/cm3)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	3518	2592	1,36
02	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	3590	2592	1,39
			Promedio	1,37

DONDE:

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

V : ES EL VOLUMEN , EXPRESADO EN CENTÍMETROS CÚBICOS.

D : ES LA DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN, EXPRESADA EN GRAMOS POR CENTÍMETROS CÚBICOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Densidad del espécimen
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.018

Muestra Nº	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm ³)	D (gr/cm ³)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	3660	2592	1,41
02	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	3642	2592	1,41
			Promedio	1,41

DONDE:

G3 : ES LA MASA DEL ESPÉCIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

V : ES EL VOLUMEN , EXPRESADO EN CENTÍMETROS CÚBICOS.

D : ES LA DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN, EXPRESADA EN GRAMOS POR CENTÍMETROS CÚBICOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Densidad del espécimen
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.018

Muestra N°	Denominación de la unidad	G3 (gr)	V (cm ³)	D (gr/cm ³)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	3638	2592	1,40
02	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	3512	2592	1,35
			Promedio	1,38

DONDE:

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

V : ES EL VOLUMEN , EXPRESADO EN CENTÍMETROS CÚBICOS.

D : ES LA DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN, EXPRESADA EN GRAMOS POR CENTÍMETROS CÚBICOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 20: Resultado de Absorción de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 29 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	4222	3518	20,0
02	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	4258	3590	18,6
			Promedio	19,3

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 29 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	4286	3660	17,1
02	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	4306	3642	18,2
Promedio				17,7

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 29 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Porcentaje de Absorción
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	4280	3638	17,6
02	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	4202	3512	19,6
Promedio				18,6

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 21: Resultado de Succión de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de Succión
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	24,1	12,0	72	50
02	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	24,0	11,9	70	49
Promedio					49

DONDE:

W : ES EL AUMENTO DE PESO, EXPRESADO EN GRAMOS.
S : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN GRAMOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de Succión
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	24,0	11,8	80	56
02	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	24,0	12,0	66	46
				Promedio	51

DONDE:

W : ES EL AUMENTO DE PESO, EXPRESADO EN GRAMOS.

S : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN GRAMOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 28 de Octubre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de Succión
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.813 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo (cm)	Ancho (cm)	W (g)	S (gr)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	24,0	11,9	62	43
02	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	24,0	12,0	68	47
				Promedio	45

DONDE:

W : ES EL AUMENTO DE PESO, EXPRESADO EN GRAMOS.
 S : ES LA SUCCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN GRAMOS

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo 22: Resultado de Resistencia a la compresión de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 03 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288	11690	37
02	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288	9530	30
03	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288	9340	30
Promedio				33

NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 03/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 03 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288	13890	44
02	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288	12340	39
03	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288	12140	39
Promedio				41

NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 03/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 03 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.613 : 2005

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F' _b (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288	16700	53
02	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288	17320	55
03	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288	16780	54
Promedio				54

NOTA:

- Ensayo realizado en ladrillo entero
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 03/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Anexo 23: Resultado de Rotura con Pilas de las unidades propuestas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 09 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.605 : 2013

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288	9130	29
02	Ladrillo con 10% de fibra+ 25% de cemento	288	9060	29
Promedio				29

NOTA:

- Ensayo realizado en pilas de tres ladrillos
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 09/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 09 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.605 : 2013

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288	9790	31
02	Ladrillo con 15% de fibra+ 25% de cemento	288	9880	32
Promedio				31

NOTA:

- Ensayo realizado en pilas de tres ladrillos
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 09/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 09 de Noviembre del 2022

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Resistencia a la compresión de prismas de albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.605 : 2013

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F'm (kg/cm ²)
01	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288	11020	35
02	Ladrillo con 20% de fibra+ 25% de cemento	288	11420	36
Promedio				36

NOTA:

- Ensayo realizado en pilas de tres ladrillos
- Rue: Resistencia a la compresión en unidad entera. (Rue: 0.92 x R mu)

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 09/11/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Anexo 24: Resultado de Compresión Diagonal En Muretes De Albañilería



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Diaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 15 de Enero del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.621

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V'm (MPa)
01	Ladrillo con 10% de fibra + 25% de cemento	72000	32450	0.32
02	Ladrillo con 10% de fibra + 25% de cemento	72000	32789	0.32
Promedio				0.32

NOTA:

- Ensayo realizado en muretes de 600mm x 600mm

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 15/01/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 15 de Enero del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.621

Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V'm (MPa)
01	Ladrillo con 15% de fibra + 25% de cemento	72000	44850	0.44
02	Ladrillo con 15% de fibra + 25% de cemento	72000	44456	0.44
Promedio				0.44

NOTA:

- Ensayo realizado en muretes de 600mm x 600mm

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 15/01/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 01)

Tesista : Angie Tatiana Briones Díaz
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Propuesta de ladrillos de arcilla sin cocción con la incorporación de fibra de cabuya y cemento tipo I
Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
Fecha : Chiclayo, 15 de Enero del 2023

ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ensayo de método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.621

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (mm ²)	Carga (N)	V'm (MPa)
01	Ladrillo con 20% de fibra + 25% de cemento	72000	50780	0.50
02	Ladrillo con 20% de fibra + 25% de cemento	72000	50156	0.49
Promedio				0.50

NOTA:

- Ensayo realizado en muretes de 600mm x 600mm

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Muestras ensayada el día 15/01/2023
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

