

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



**Evaluación experimental del desempeño de la calidad estructural del
ladrillo artesanal adicionando viruta de acero**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Percy Ricardo Ludeña Bazan

ASESOR

Ronald Esteban Villanueva Maguiña

<https://orcid.org/0000-0002-3707-5503>

Chiclayo, 2023

TIB

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

doaj.org

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1%

7

"Structural Analysis of Historical Constructions", Springer Science and Business Media LLC, 2019

Publicación

<1%

8

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

Índice

| | |
|--|-----------|
| Resumen | 4 |
| Abstract | 5 |
| Introducción..... | 6 |
| Metodología: | 7 |
| Tipo de Investigación | 7 |
| Enfoque de investigación | 7 |
| Diseño de la investigación..... | 7 |
| Estudio Experimental | 8 |
| Viruta de Acero | 8 |
| Tierra Arcillosa: | 8 |
| Arena Fina: | 9 |
| Diseño Experimental | 9 |
| Fabricación del Ladrillo | 10 |
| Resultados y Discusión..... | 11 |
| Ensayo de Compresión Axial en unidades de albañilería (f^ob). | 12 |
| Ensayo de Compresión Axial en pilas (f^om)..... | 14 |
| Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes (v^om)..... | 15 |
| Ensayos Complementarios: | 17 |
| Conclusiones: | 19 |
| Referencias | 20 |
| Anexos | 22 |

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo estudiar el comportamiento estructural que presenta un ladrillo artesanal al adicionar a su composición viruta de acero; obteniendo así 4 diferentes mezclas, una muestra patrón sin adición y 3 mezclas con adición de este material al 8%, 10% y 12% de viruta. La investigación presenta un diseño experimental, teniendo un enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. En ese sentido las muestras fueron sometidas a ensayos de compresión axial y diagonal para determinar su resistencia y también se realizaron ensayos de alabeo y variación dimensional, para poder clasificar a los ladrillos según RNE E070 y haciendo uso de las Normas Técnicas Peruanas. Los resultados demostraron que la muestra con adición del 10% de viruta de acero es la óptima presentando la máxima compresión alcanzando un incremento de 19.38% en comparación a la muestra patrón y no se recomienda incrementos mayores ya que pasado este porcentaje tiende a descender. Así mismo esta muestra se clasificó como un ladrillo tipo IV según el RNE, además que es viablemente económico su uso en construcciones.

Palabras clave: Mampostería, compresión axial, compresión diagonal, alabeo, variación dimensional, viruta de acero.

Abstract

The objective of this study is to study the structural behavior of an artisanal brick by adding steel shavings to its composition; thus obtaining 4 different mixtures, a standard sample without addition and 3 mixtures with addition of this material at 8%, 10% and 12% of chips. The research presents an experimental design, having a quantitative and applied type approach. In this sense, the samples were subjected to axial and diagonal compression tests to determine their resistance and warpage and dimensional variation tests were also carried out, in order to classify the bricks according to RNE E070 and making use of the Peruvian Technical Standards. The results showed that the sample with the addition of 10% of steel shavings is optimal, presenting the maximum compression, reaching an increase of 19.38% compared to the standard sample and larger increases are not recommended since after this percentage it tends to decrease. Likewise, this sample was classified as a type IV brick according to the RNE, in addition to its viable economic use in construction.

Keywords: Masonry, axial compression, diagonal compression, warping, dimensional variation, steel shavings

Introducción

Desde el punto de vista internacional los materiales de construcción poseen características comunes entre ellas, las cuales son la dureza, resistencia y la gran vida útil que les proporcionan a las construcciones [1]. Cabe resaltar que estas cualidades no se presentan todas en un mismo material, por lo que la construcción es la disciplina que combina estos materiales para satisfacer cada necesidad en las edificaciones [2]. Así mismo, con el paso del tiempo en la historia, la unidad de albañilería (ladrillo) tomó una gran importancia en la construcción por lo que se podría decir que es un material indispensable para esta industria. En cuanto a cantidades de comercialización ha aumentado en gran escala a nivel mundial, ya que posee características que la hacen idónea para la construcción, por ello es por lo que las personas la prefieren en una edificación [3]. Si bien la utilización de ladrillos es indispensable y presenta grandes aportes a la construcción, también debemos saber que existen problemas en el tema de calidad, principalmente en los ladrillos artesanales [4]. Por otro lado, la eliminación de residuos metálicos que se generan en los diferentes procesos de fábricas industriales y talleres con maquinarias, siguen aumentando; tanto así que llega a convertirse en un problema, como su almacenamiento y el proceso que se le debería de dar para reutilizarla [5]. Del mismo modo el aspecto más importante con respecto al uso de viruta de acero en la fabricación del ladrillo [6] radicará en el mejoramiento de su calidad estructural, ya que la mayoría de los ladrillos artesanales en las diferentes ladrilleras artesanales dónde las fabrican, presentan las mismas características, como son la cocción no uniforme, fallas, fisuras y resistencias de compresión bajas, las cuales no llegan a considerarse aptos para la construcción [7]. En la actualidad es de mucho provecho la utilización de ladrillos de arcilla y bloques de concreto por su gran resistencia, unidos por medio de mortero de cemento [8]. Un muro de mampostería es considerado un elemento estructural monolítico, solo si sus uniones (juntas) pueden garantizar una transmisión uniforme de fuerzas entre unidades, sin presentar falla o deformaciones con una consideración importante. Por consiguiente, con el fin de fomentar el desarrollo sostenible en la construcción, la elaboración de estas unidades de albañilería se realizará con incorporaciones de viruta de acero proveniente de los residuos de talleres y de limaduras de acero de tornos, obteniendo un ladrillo económico y al mismo tiempo que presente buena calidad estructural. Por consiguiente, el ladrillo artesanal para mampostería se fabricará con diferentes diseños de mezclas (0%, 8%, 10 % y 12% de viruta de acero) para así poder comparar y determinar mediante ensayos si cumplen con la RNE E.0.70.

Metodología:

Tipo de Investigación

En un estudio de investigación puede ser básica si se crea una nueva teoría o aplicada si se ejecuta alguna teoría con fines de estudio [9]. En el caso del presente estudio la investigación será de tipo aplicada, dado que mediante normativas nacionales e internacional se observará los efectos de la viruta de acero en el ladrillo artesanal.

Enfoque de investigación

Este término en la investigación puede ser cuantitativo si se analizan datos numéricos o cuantificables, y si son cualidades o características se considera un enfoque cualitativo [10]. En el presente estudio tiene un enfoque cuantitativo dado que los resultados referentes a resistencias o cualidades físicas como alabeo son números acompañados de unidades.

Diseño de la investigación

El estudio puede tener un diseño experimental cuando existe una manipulación de variables y no experimental cuando se observa y analiza los sucesos tal como suceden en la realidad sin necesidad de intervenir [11]. Por lo que en la investigación será de diseño experimental, ya que se conocerá la influencia de diferentes porcentajes de viruta de acero en las propiedades del ladrillo artesanal.

Estudio Experimental

Viruta de Acero

La viruta de Acero que será utilizada a manera de insumo en la composición para el ladrillo es obtenida de tornos y talleres dónde cortan o liman acero, estos talleres usan una maquinaria llamada torno, la cual deja como residuos la viruta de acero.

Para la presente investigación se procedió a obtener la viruta de acero procedentes de los tornos de la ciudad de Chiclayo para luego pasarla por los diferentes tamices y clasificar la viruta que será utilizada en los ladrillos

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | TAMICES | | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULAD | % QUE PASA | DISTRIBUCION GRANULOMÉTRICA | | | |
|--------------------------------------|---------|--------|------------------|-----------------------|------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------|-------|------|
| | (PULG) | (mm) | | | | | TOTAL | | 100 % | |
| | 3" | | 75.000 | | | | | | | |
| 2 1/2" | | 63.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | % GRAVA | GRAVA GRUESA | 00 % | 05 % |
| 2" | | 50.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | | |
| 1 1/2" | | 37.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | | |
| 1" | | 25.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | | |
| 3/4" | | 19.000 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | | |
| 1/2" | | 12.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | | |
| 3/8" | | 9.500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | | | |
| 1/4" | | 6.300 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | GRAVA FINA | 05 % | | |
| Nº04 | | 4.750 | 15.5 | 5.2 | 5.2 | 94.8 | | | | |
| Nº08 | | 2.360 | 80.0 | 25.3 | 30.5 | 69.5 | % FINO | ARENA GRUESA | 25 % | 90 % |
| Nº10 | | 2.000 | | | | | | | | |
| Nº16 | | 1.190 | 155.7 | 49.2 | 79.7 | 20.3 | | | | |
| Nº20 | | 0.850 | | | | | | | | |
| Nº30 | | 0.600 | 43.0 | 13.6 | 93.3 | 6.7 | | | | |
| Nº40 | | 0.425 | | | | | | | | |
| Nº50 | | 0.300 | 3.3 | 1.0 | 94.3 | 5.7 | | ARENA MEDIA | 63 % | |
| Nº80 | | 0.177 | | | | | | | | |
| Nº100 | | 0.150 | 2.2 | 0.7 | 95.0 | 5.0 | ARENA FINA | 02 % | | |
| Nº200 | | 0.075 | | | | | | | | |
| < Nº200 | FONDO | | 15.8 | 5.0 | 100.0 | 0.0 | % LIMO - ARCILLA | 05 % | 05 % | |

Tabla 1: Análisis granulométrico de la Viruta de Acero

Fuente: Propia

La viruta de Acero fue clasificada como fina (porcentaje de fino 90%) obteniendo el mayor retenido en el tamiz Nº16, lo cual lo hace óptimo para combinarse con los diferentes materiales para elaborar un ladrillo artesanal de arcilla.

Tierra Arcillosa:

La tierra arcillosa utilizada en la presente investigación es proveniente de tierras de cultivo de la zona de Chiclayo (Carretera a Pomalca).

Tomando en cuenta al Reglamento Nacional de Edificaciones que nos proporciona la información en la Norma Técnica Peruana E.050 [12], dónde nos menciona los diferentes ensayos que se realizan al suelo para conocer sus características y su clasificación.

La tierra fue seleccionada y obtenida de la misma manera que se realiza en las ladrilleras artesanales, de tal manera así la condición de elaboración artesanal no se vería comprometida en el estudio de esta investigación

| Ensayos a la Tierra | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Contenido de humedad | 25.42% |
| Sales solubles totales | 856 ppm |
| Cloruros | 121 ppm |
| Sulfatos | 95 ppm |
| Clasificación | Arcilla de baja plasticidad |
| Peso Específico | 2.451 g/cm ³ |
| C.B.R al 100% de la MDS: | 2.0% |
| Densidad máxima Seca | 1.698 g/cm ³ |
| Esfuerzo Corte Max | 0.565kg/cm ² |

Tabla 2: Resumen de ensayos para el tipo de suelo

Fuente: Propia

Arena Fina:

La arena fina o también conocida como arena de playa, es transportada a la ladrillera para ser utilizada en la composición del ladrillo y en otros usos que se describirán en el proceso de elaboración. La arena proviene de la cantera de Pátapo y que al igual que la tierra arcillosa la traen en camiones de 15m³ y es depositada en la ladrillera.

Diseño Experimental

Para el desarrollo de la presente investigación se tuvo a bien diseñar 4 tipos de ladrillos, uno de ellos será la muestra patrón que tendrá la condición de un ladrillo artesanal tradicional y los otros tres serán modificados en su composición con la adición de viruta de acero en diferentes porcentajes.

La manera de clasificación y selección de las muestras serán según la NTP 399.613 [13], donde nos menciona la cantidad mínima de muestra a ensayar para cada tipo de ladrillo.

| Mezclas de Diseño | | | |
|--------------------------|------------------|------------|--------------|
| | Tierra Arcillosa | Arena Fina | Viruta Acero |
| M – 01 | 67% | 33% | 0% |
| M – 02 | 61% | 31% | 08% |
| M – 03 | 60% | 30% | 10% |
| M – 04 | 59% | 29% | 12% |

Tabla 3: Diseño de Mezclas.

Fuente: Propia

Fabricación del Ladrillo

Con el fin de cumplir con la condición de ladrillos artesanales, la manera de seleccionar y las cantidades de insumos en la elaboración no ha variado, por ello se mantuvo la proporción de 2:1, por cada 2 porciones de tierra arcillosa se añadió una porción de arena.

Para el diseño de las mezclas 2, 3 y 4 se añadió la viruta de acero en las proporciones de 8%, 10% y 12% respectivamente.

El procedimiento fue el siguiente:

- **Mezclado:** En el suelo se vertió la tierra arcillosa, la arena y la viruta de acero; con un mezclado homogéneo y añadiéndole agua para tener la consistencia manejable, es así como se obtuvieron las 4 mezclas de estudio.
- **Reposo:** A la mezcla anterior se dejó reposar por un día para que la mezcla llegue a saturarse por completo, y pueda estar lista para el labrado.
- **Amasado o Labrado:** Este proceso consiste en dar vueltas la mezcla con una palana, con el objetivo de que tome consistencia el conjunto de elementos y así poder estar lista para ser colocada en el molde.
- **Moldeo:** Con la mezcla lista se procede a colocar en las gaberías que presentan las siguientes características, éstas permiten moldear hasta 4 ladrillos con las dimensiones de 9 cm de alto, 23 cm de largo y 13 cm de ancho.



Ilustración 1: Ladrillos colocados al aire libre.

Fuente: Propia

- Secado: En esta etapa del proceso, es dónde los ladrillos son secados al aire libre y expuestos al sol, así mismo al paso de un día el ladrillo se coloca de forma vertical para que empiece a secar las otras caras del ladrillo y así sucesivamente por una semana hasta que el ladrillo se encuentre listo para ingresar al horno.
- Quemado: Los ladrillos son acomodados en forma de pirámide dentro del horno, dejando espacios vacíos entre ellos para que el calor puede llegar hasta los ladrillos más alejados de la fuente de calor. El material utilizado para el quemado son llantas de caucho, viruta de madera y residuos de melamina [14]

Resultados y Discusión

Se evaluará las cuatro muestras según el RNE E0.70 y siguiendo las NTP correspondientes para ensayar unidades de albañilería artesanal.

Para ellos usaremos las tablas de la Norma E0.70 [15] dónde nos dice como identificar los tipos de ladrillos con fines estructurales según parámetros (Tabla 04), y haremos uso de la tabla 05, para comparar las resistencias características en unidades de albañilería de arcilla.

| CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES | | | | | |
|---|---|--------------|---------------|--------------------------|---|
| CLASE | VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (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) |

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Tabla 4: Clasificación de Unidad de Albañilería para fines estructurales

Fuente: Tomado de Norma E0.70 [15]

| 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 5: Resistencia característica de la Albañilería

Fuente: Tomado de Norma E0.70 [15]

Ensayo de Compresión Axial en unidades de albañilería (f'_b).

Se tomaron 10 unidades de cada tipo de ladrillo y se ensayaron siguiendo los pasos de la NTP 399.613 [13], aplicando una carga constante, hasta llegar a la rotura del elemento.



Ilustración 2: Selección de muestras

Fuente: Propia



Ilustración 3: Ensayo de compresión axial

Fuente: Propia

Las muestras presentan diferentes fallas de rotura, siendo la muestra patrón las más afectadas con una rotura total en el elemento. Los resultados a la compresión axial de las muestras ensayadas presentan lo siguiente:

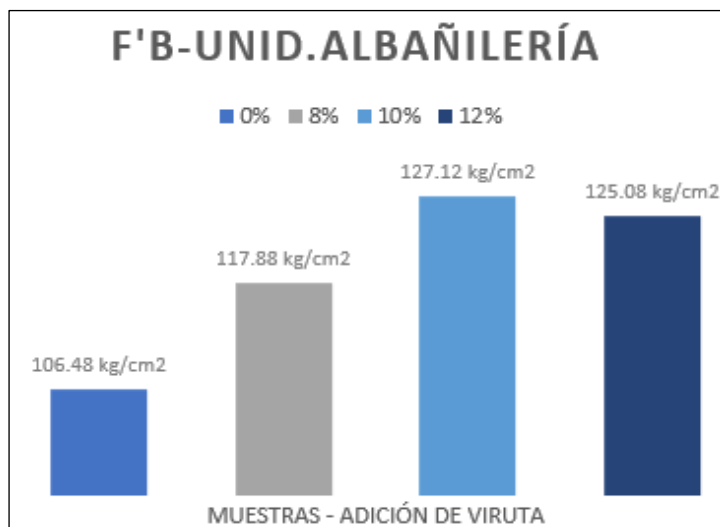


Ilustración 4: Resultado de ensayo a compresión axial

Fuente: Propia

En el ensayo a compresión se puede observar que la muestra patrón presenta menor resistencia frente a las otras, la máxima resistencia se presenta en la muestra con adición del 10% de viruta de Acero con una resistencia a la compresión de 127.12 kg/cm², así mismo podemos detallar que sería el porcentaje óptimo ya que llegando a 12% de adición tiende a bajar su resistencia, ya que al aumentar más cantidad de viruta presentará más posibilidades de agrietarse y fallará por eso.

Ensayo de Compresión Axial en pilas (f'm).

Las pilas de albañilería son prismas compuestos como mínimo por dos unidades de albañilería, asentados uno sobre otro, unidos por un mortero.

La elaboración de las pilas fue de 3 unidades de albañilería unidas por mortero con proporción 1:4, y se realizaron 5 pilas por cada muestra a estudiar cómo se especifica en la normativa peruana. A continuación, son codificadas y llevadas al laboratorio.



Ilustración 5: Muestras a ensayar de pilas de albañilería

Fuente: Propia

Los ensayos se realizaron según lo indica la NTP 399.605, Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería

Se sometió las pilas a cargas constante como se muestra en la figura 06, presentando fallas por roturas variables según cada muestra ensayada.



Ilustración 6: Resultado de ensayo a compresión axial en prismas

Fuente: Propia

Tal como se observa en la imagen las fallas de rotura es de forma cónica y lineal, no habiendo una falla escalonada lo que representaría una mala adherencia entre el mortero y la unidad. Tal cual los ensayos anteriores demostraron que la muestra 03 es la óptima, aquí sucede lo mismo la muestra 3 supera incluso los valores mostrados en la tabla 05, con una excelente resistencia a la compresión en prismas

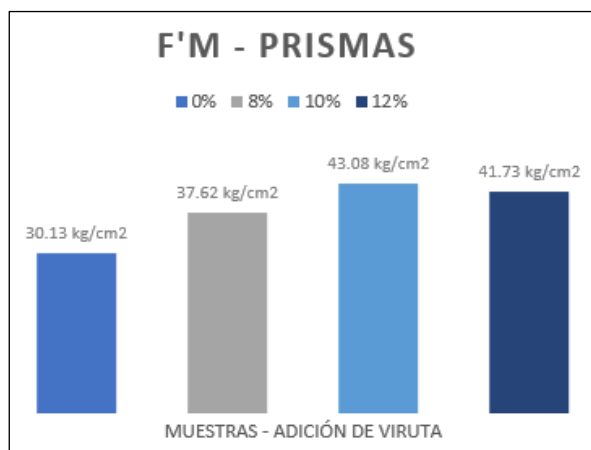


Ilustración 7: Resultado de ensayo a compresión axial en prismas

Fuente: Propia

Los resultados a compresión axial en prismas demuestran la misma línea de tendencia de mejoramiento según el incremento de viruta de acero, dónde la muestra 03 con adición del 10% de viruta tiene mejor resistencia a la compresión con resultado de 43.08kg/cm², dónde supera incluso el valor característico de la resistencia a la compresión en prismas de arcilla mostrado en la tabla 5.

Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes (v'm).

Los muretes son muros conformados por unidades de albañilería y unidos por mortero de dimensiones de 600mm x 600mm, estos son construidos en condiciones normales de manera artesanal y se dejarán almacenados por 28 días antes de ser ensayados.



Ilustración 8: Muretes de albañilería después de 28 días

Fuente: Propia

El transporte al laboratorio correspondiente se hizo embalando los muretes para evitar alteraciones en ellos que pueda afectar a la investigación.

Los muretes fueron ensayados según la NTP 399.621 [16], que nos detalla el modo de realizarlo y las consideraciones a tener en cuenta.



Ilustración 9: Ensayo de compresión diagonal en muretes

Fuente: Propia

En la imagen se ve que la falla no solo afecta a la unidad si no que por ciertos tramos la falla se da en la junta, esto quiere decir que presenta una falla escalonada y esto ocurre porque no hubo una buena adherencia entre la unidad de albañilería y el mortero, lo que ocasiona que la resistencia alcanzada no sea la máxima [17].

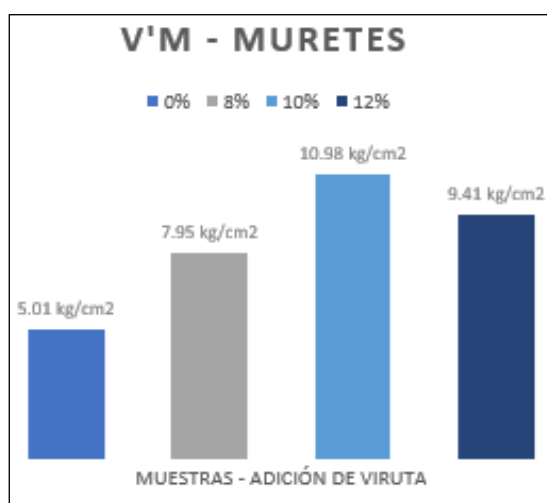


Ilustración 10: Ensayo de compresión diagonal en muretes

Fuente: Propia

Pese a que la falla se dio escalonada y que los resultados no representarán la máxima resistencia, el gráfico se muestra que todos los valores llegan a estar dentro del parámetro de resistencia característico en muretes de arcilla e incluso la muestra 03 presenta la mayor resistencia a la compresión diagonal con 10.98kg/cm^2 , lo que sigue siendo la muestra con mejores resultados frente a las otras muestras.

Ensayos Complementarios:

- Variación Dimensional:

Con el presente ensayo se busca determinar la variación de las dimensiones del ladrillo, cotejada con una muestra patrón, para ello se tomaron 10 unidades de cada muestra y ensayarlas según la NTP 399.613 [13], que proporciona las especificaciones de cómo desarrollar el ensayo.



Ilustración 11: Dimensiones de un ladrillo artesanal

Fuente: Propia.

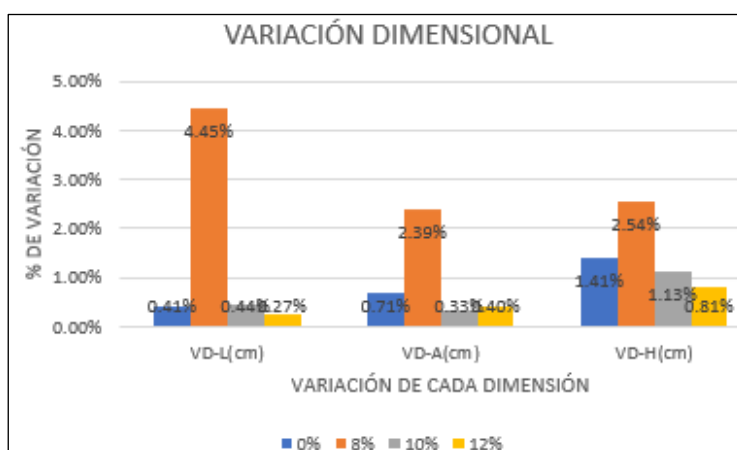


Ilustración 12: Resultados de variación dimensional por muestra

Fuente: Propia.

Los resultados muestran que la variación dimensional en las unidades de albañilería presenta valores bajos, esto quiere decir que las dimensiones son homogéneas, que se logran al tener un diseño de mezcla, labrado y moldeo adecuado. Así mismo se observa que la muestra 3 con

adición del 10% de viruta presenta los valores óptimos de diseño la cuál la hace posible seguir como un ladrillo tipo IV.

- **Alabeo:**

El ensayo de Alabeo es necesario para poder determinar la convexidad o concavidad de la unidad de albañilería, midiendo milimétricamente cada punto del ladrillo (extremo y centro) en ambas direcciones y caras, tal como se especifica en la NTP 399.613 [13].



Ilustración 13: Medida de alabeo en ladrillos

Fuente: Propia.

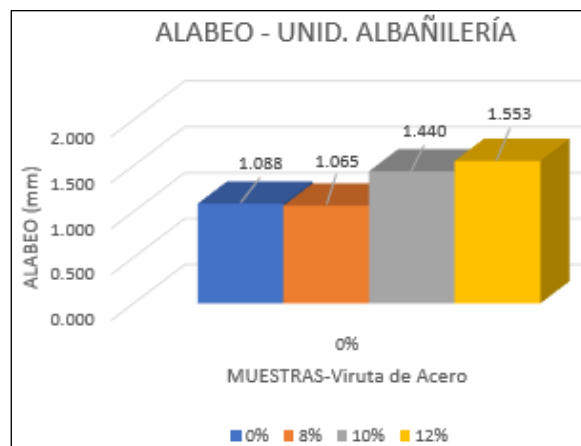


Ilustración 14: Resultados de alabeo en ladrillos

Fuente: Propia.

Tal como se observa en el gráfico el alabeo es pequeño el máximo valor alcanzado es de 1.55mm que comparando con la tabla 4, dónde todos los valores están por encima de 2mm, este ladrillo mejorado presenta un alabeo mínimo, finalmente podemos decir que presenta homogeneidad en todas las caras de la unidad de albañilería.

Conclusiones:

- La utilización de Viruta de Acero en el ladrillo artesanal mejoró considerablemente su resistencia a la compresión, siendo la muestra 03 la que alcanza una resistencia de 127.12kg/cm² frente a la muestra patrón con una resistencia de 106.48kg/cm², El mejoramiento estructural aumentó un 19.5%, permitiéndole clasificarse estructuralmente como un ladrillo tipo IV, así mismo los otros dos parámetros que también son evaluados, tanto el alabeo como la variación dimensional presentan valores mínimos haciendo posible que la muestra 03,(ladrillo con adición del 10% de viruta de acero) sea el óptimo y pueda considerarse un ladrillo adecuado en muros portantes.
- El ladrillo artesanal con adición de viruta de acero también es viablemente económico ya que el precio presenta un ligero cambio por la mano de obra, pero aun así está por debajo de los precios de ladrillos industriales y por los ensayos realizados en la investigación presenta características similares a un ladrillo industrial.
- El ladrillo artesanal con adición de viruta al 10%, cumpliendo con la Norma E0.70 es una buena solución económica y de gran resistencia, especialmente en sectores de baja economía.

Referencias

- [1] Sutcu, et al., "Recycling of bottom ash and fly ash wastes in eco-friendly clay brick production," *Journal of Cleaner Production*, vol. 233, pp. 753-764, 2019.
- [2] Xiao, et al., "Reuse of construction spoil in China: Current status and future opportunities," *Journal of Cleaner Production*, vol. 290, 2021.
- [3] C. PARDO QUINTERO, CALAMEO, 2016.
- [4] Almssad, et al., "Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture," *Sustainability*, vol. 14, no. 22, 2022.
- [5] M. M. M. J. U. F. F. H. A. Alfeehan1, «Utilización de desechos metálicos industriales en los paneles de hormigón armado nervados unidireccionales,» *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, vol. 23, n° 3, p. 11, 2020.
- [6] Acosta, et al., "Ferrous and Polyethylene Terephthalate Waste in the Production of Ecological Bricks: Characterization," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 101, pp. 205-210, 2023.
- [7] Khanh, et al., "The relationship between workers' experience and productivity: a case study of brick masonry construction," *International Journal of Construction Management*, vol. 23, no. 4, pp. 596-605, 2023.
- [8] Owoeye, et al., "An Investigation into the Local Production Technology of Burnt Bricks in," *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 162-177, 2022.
- [9] I. Montes, L. Sime, E. Salcedo, E. Soria and D. Briceño, Investigación educativa: técnicas para el recojo y análisis de la información, Pontificia Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2021.
- [10] R. Quincho, J. Cárdenas, V. Inga, W. Bada, G. Espinoza and H. Yangali, Metodología de la investigación científica: El sentido crítico, ante todo con uno mismo, Instituto de Innovación Ciencia y Tecnología INUDI Perú, 2022.
- [11] M. Hadi, C. P. Martel, F. Huayta, C. Rojas and J. Arias, Metodología de la Investigación, Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2023.
- [12] El Peruano, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E0.50, Lima, 2006.
- [13] INDECOPI, Proyecto de Norma Técnica Peruana NTP 399.613, Lima, 2017.

- [14] Rehman, et al., "Influence of fluxing oxides from waste on the production and physico-mechanical properties of fired clay brick: A review," *Journal of Building Engineering*, vol. 27, 2020.
- [15] El Peruano, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma 0.70, Lima, 2006.
- [16] INDECOPI, Norma Técnica Peruana. NTP 399.621, Lima, 2004.
- [17] S. Bartolomé, Diseño y construcción de estructuras sismoresistentes de albañilería., Perú, 2005.

Anexos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO
E.I.R.L.



(Pág. 01 de 01)

Solicitante LUDEÑA BAZÁN PERCY RICARDO
 Tesis : Propuesta para el mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal adicionando viruta de acero en la ciudad de Chiclayo
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque
 Fecha : Chiclayo, 07 de Junio del 2022

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

| Muestra N° | Denominación de la unidad | Area bruta (cm ²) | Carga (kg) | F _b (kg/cm ²) |
|-----------------|---|-------------------------------|------------|--------------------------------------|
| 01 | LADRILLO ADICIONADO DE 10% DE VIRUTA DE ACERO | 236 | 31861 | 124 |
| 02 | LADRILLO ADICIONADO DE 10% DE VIRUTA DE ACERO | 236 | 32275 | 126 |
| 03 | LADRILLO ADICIONADO DE 10% DE VIRUTA DE ACERO | 241 | 34330 | 131 |
| 04 | LADRILLO ADICIONADO DE 10% DE VIRUTA DE ACERO | 240 | 34960 | 134 |
| 05 | LADRILLO ADICIONADO DE 10% DE VIRUTA DE ACERO | 241 | 31169 | 119 |
| Promedio | | | | 127 |

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 30/03/2022
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 DESGNER MANUEL MORALES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP: N° 147898


 LMSCEACH E.I.R.L.
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO
 JORGE ARIVAL FOMAPASCA PANTA.
 T.E.C. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Ilustración 15: Ensayo a compresión Axial en unidades de albañilería

Panel fotográfico



Ilustración 16: Selección de Viruta de Acero

Ilustración 17: Tamizado de Viruta de Acero en laboratorio



Ilustración 18: Adicionar 08% de viruta a la mezcla para el ladrillo

Ilustración 19: Adicionar 10% de viruta a la mezcla para el ladrillo

Ilustración 20: Adicionar 12% de viruta a la mezcla para el ladrillo



Ilustración 21: Codificar Ladrillos con 10% de Adición de Viruta de Acero

Ilustración 22: Codificar Ladrillos con 12% de Adición de Viruta de Acero



Ilustración 23: Quemado de ladrillos en el horno

Ilustración 24: Ladrillos después del quemado