



Cenizas de hornos artesanales utilizadas como adición en la elaboración de ladrillos

Ashes from artisanal kilns used as an addition in the production of bricks

Cinzas de fornos artesanais usadas como adição na produção de tijolos

Manuel Eduardo Cedeño Vélez ^I

mcedeno0480@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6960-36764>

Martín Uribe Álava Cedeño ^{II}

malava7700@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8611-12783>

Wilter Enrique Ruiz Párraga ^{III}

wilter.ruiz@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0472-3389>

Correspondencia: mcedeno0480@utm.edu.ec

Ciencias Naturales, Artes y Letras

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de septiembre de 2022 * **Aceptado:** 12 de octubre de 2022 * **Publicado:** 27 de noviembre de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Portoviejo, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Portoviejo, Ecuador.
- III. Máster en Docencia e Investigación Educativa, Máster en Ingeniería Civil, mención Tecnología de los Materiales de construcción, Profesor Titular en la Universidad Técnica de Manabí, en la carrera de Ingeniería Civil, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

Para proporcionar un uso adicional a las cenizas de hornos, producto de la quema de ladrillos artesanales en la provincia de Manabí, se ha realizado la investigación para adicionar este material en la elaboración de ladrillos, con la finalidad de conseguir otras opciones o alternativas para su proceso de fabricación. La reutilización de cenizas obtenidas de la cocción de ladrillos en hornos artesanales, tiene un gran impacto en el medio ambiente, ya que, al disminuir la cantidad de desperdicios se reducirá la contaminación ambiental.

El objetivo de esta investigación es buscar la incidencia de las cenizas de hornos artesanales en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos fabricados en estas empresas, con porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, para tres diferentes muestras: agregado de aserrín (Tipo A), agregado de cáscara de arroz (Tipo B) y ambos agregados combinados (Tipo C); todo esto realizado mediante una serie de ensayos, los cuales son: determinación de la resistencia a la compresión (NTE INEN 294), determinación de absorción de humedad (NTE INEN 296), y dimensiones modulares de ladrillos cerámicos (NTE INEN 317); empleando los ladrillos de tipos maleta y burrito como elementos de control, comparándolos con los ladrillos con adición. Determinando en sus resultados un buen comportamiento para la muestra de ladrillo artesanal tipo A, con un porcentaje de adición de ceniza del 5% cumpliendo con los requisitos de resistencia establecidos para ladrillos cerámicos, por lo que es considerable realizar investigaciones futuras con adición de cenizas obtenidas de hornos artesanales.

Palabras Clave: Ladrillos artesanales; cenizas de horno; resistencia a la compresión; absorción de humedad; dimensiones modulares.

Abstract

In order to provide an additional use to the ashes from kilns, a product of the burning of artisanal bricks in the province of Manabí, research has been carried out to add this material in the production of bricks, in order to obtain other options or alternatives for its use. fabrication process. The reuse of ashes obtained from firing bricks in traditional kilns has a great impact on the environment, since by reducing the amount of waste, environmental pollution will be reduced.

The objective of this research is to find the incidence of ashes from artisanal kilns on the physical and mechanical properties of the bricks manufactured in these companies, with percentages of 5%, 10%, 15% and 20%, for three different samples: aggregate of sawdust (Type A), rice husk

aggregate (Type B) and both aggregates combined (Type C); All of this is done through a series of tests, which are: determination of compressive strength (NTE INEN 294), determination of moisture absorption (NTE INEN 296), and modular dimensions of ceramic bricks (NTE INEN 317); using the bricks of the suitcase and burrito types as control elements, comparing them with the bricks with addition. Determining in its results a good behavior for the sample of artisan brick type A, with a percentage of ash addition of 5%, complying with the resistance requirements established for ceramic bricks, for which it is considerable to carry out future research with the addition of ash obtained. of artisan ovens.

Keywords: Craft bricks; furnace ash; compressive strength; moisture absorption; modular dimensions.

Resumo

Para proporcionar un uso adicional a las cenizas de hornos, producto de la quema de ladrillos artesanales en la provincia de Manabí, se ha realizado la investigación para adicionar este material en la elaboración de ladrillos, con la finalidad de conseguir otras opciones o alternativas para su processo de fabricação. A reutilização das cinzas obtidas a partir da cozedura de tijolos em fornos tradicionais tem um grande impacto no ambiente, uma vez que ao reduzir a quantidade de resíduos, diminuir-se-á a poluição ambiental.

O objetivo desta pesquisa é verificar a incidência de cinzas de fornos artesanais nas propriedades físicas e mecânicas dos tijolos fabricados nestas empresas, com percentuais de 5%, 10%, 15% e 20%, para três diferentes amostras: agregado de serragem (Tipo A), agregado de casca de arroz (Tipo B) e ambos os agregados combinados (Tipo C); Tudo isso é feito por meio de uma série de ensaios, que são: determinação da resistência à compressão (NTE INEN 294), determinação da absorção de umidade (NTE INEN 296) e dimensionamento modular de tijolos cerâmicos (NTE INEN 317); utilizando os tijolos tipo mala e burrito como elementos de controle, comparando-os com os tijolos com adição. Determinando em seus resultados um bom comportamento para a amostra de tijolo artesanal tipo A, com percentual de adição de cinzas de 5%, atendendo aos requisitos de resistência estabelecidos para tijolos cerâmicos, para o qual se considera a realização de pesquisas futuras com adição de cinzas obtidas de fornos artesanais.

Palavras-chave: Craft bricks; furnace ash; compressive strength; moisture absorption; modular dimensions.

Introducción

Los ladrillos son fabricados de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. No deben contener material que pueda causar eflorescencia de carácter destructivo o manchas permanentes en el acabado (NTE INEN 293, 2014).

En el Ecuador, al igual que en otros países de Latinoamérica la fabricación del ladrillo artesanal para la construcción de viviendas, edificaciones y establecimientos se realiza manualmente, lo que requiere conocer la técnica del proceso de fabricación y la inversión de tiempo para el cumplimiento de su producción. La provincia de Manabí, no cuenta con un sistema de producción mecanizado, ya que la fabricación se la realiza de forma manual (artesanal), colocando el material en moldes para proceder al secado dentro de hornos artesanales, en donde inicia el proceso de cocción, estos tipos de ladrillos no cumplen con los estándares establecidos por la NTE INEN 293, que tiene por objeto establecer la clasificación, definición y condiciones generales de uso de los ladrillos empleados en las construcciones (Vinces Solórzano et al., 2018).

En esta investigación se obtienen las cenizas de la leña utilizada en la quema de ladrillos artesanales de una ladrillera ubicada en el cantón Montecristi de la provincia de Manabí, en la vía Portoviejo-Manta; este material en la mayoría de las ladrilleras es desechado a cielo abierto generando contaminación en el medio que son ubicados, razón por la cual se hace necesario darle un uso extra a este residuo.

(Muñoz Macías et al., 2019) en su investigación menciona que en los alrededores de la ciudad de Portoviejo existen aproximadamente 66 ladrilleras que elaboran de manera artesanal sus productos, las materias primas básicamente son: arcilla, agua, aserrín y cascarillas de arroz, obteniendo una mezcla homogénea para luego ser llevado a un proceso de calcinación de aproximadamente de 600°C.

No existe una guía de uso o plan de gestión para la reutilización de las cenizas provenientes del fondo de los hornos de ladrilleras artesanales, sin embargo, varios investigadores han realizado estudios que valorizan este elemento, por ejemplo, la investigación realizada en Perú la cual se concluye que la adición de ceniza de madera del fondo de los hornos al suelo arcilloso estudiado, mejora su comportamiento físico-mecánico. También recomienda profundizar los estudios sobre

la utilización de las cenizas de fondo, provenientes de ladrilleras artesanales (Mamani Barriga & Yataco Quispe, 2017).

En la norma (NTE INEN 297, 2014) que tiene por objetivo establecer los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción se detallan los tipos de ladrillos que se utilizan, entre ellos el tipo C, que fue empleado en esta investigación, puede ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8mm.

Los materiales usados en el proceso de elaboración de la mezcla de los ladrillos artesanales fueron: arcilla, agua, aserrín, cascarillas de arroz, y las cenizas generadas y recolectadas de los hornos en la quema de ladrillos artesanales.

Se define a la arcilla como una roca sedimentaria descompuesta, constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedente de la descomposición de rocas, con propiedades de densidad, contracción y absorción de agua (Espíritu Durand, 2021).

En esta investigación se empleó arcilla proveniente del sector Los Bajos en la vía Montecristi-Jipijapa, localizada a 7.4 km de la ciudad de Montecristi.

La cantidad de agua necesaria para el proceso de elaboración de los ladrillos varía según el estado en que se encuentre la mezcla. Para la elaboración de los ladrillos se utilizó agua proveniente del acueducto de la ciudad de Montecristi, siendo agua potable sin la necesidad de realizar ensayos, como lo establece la norma (NTE INEN 2617, 2012).

El aserrín es un polvo o conjunto de partículas que se desprenden de la madera al serrarla, se coloca aserrín sobre los ladrillos cuando se están secando para evitar el agrietamiento frente a la exposición solar (Camargo Gaona & Yambay Santamaría, 2020); el aserrín obtenido para la elaboración de estos ladrillos se encuentra ubicado en los asentamientos cercanos a la ladrillera.

La cascarilla de arroz es un elemento desechable agroindustrial que se produce en zonas donde se cultiva este producto (Córdova Tineo & Román Silva, 2019).

Para esta investigación se usó la cascarilla de arroz que proviene de cultivos cercanos dentro de las ciudades de Portoviejo, Manta y Montecristi.

La ceniza son partículas sólidas resultante de la quema de materiales, como la madera, durante el proceso de combustión de ladrillos en el horno; dependiendo del grado de incineración, posee un color gris a blanco (Bonilla Valles & Córdova Ludeña, 2021).

Este material adicionado se obtuvo del residuo de ceniza almacenada en el fondo de los hornos, como resultado de la quema de la leña durante el proceso de cocción del ladrillo artesanal dentro del cantón Montecristi de la provincia de Manabí, en la vía Portoviejo-Manta.

Métodos o metodología

En el proceso de dosificación de los ladrillos artesanales tipo maleta y burrito, se desarrollaron tres distintos tipos de variantes en relación a los diferentes tipos de agregados, para poder diferenciarse, estas fueron representadas por letras. Las muestras con agregado de aserrín fueron representadas por la letra A, con la letra B aquellas que contenían agregados de cáscara de arroz, y por último una muestra combinada (aserrín y cáscara de arroz) representada con la letra C; donde se llevaron a cabo cinco variantes de diseño, iniciando con la del 0% la cual pertenece al ladrillo de control (sin adición), y las variantes del 5%, 10%, 15%, y 20% que pertenecen a la elaboración del ladrillo junto con la adición de ceniza.

En las ladrilleras la dosificación de estos materiales no tiene una cantidad de agua exacta a usar, se emplea a criterio del amasador, quien hace uso del agua a medida que la mezcla lo necesite y así poder obtener una mejor trabajabilidad de la misma.

Al no cumplir con los procesos normados para la elaboración de los ladrillos, estos presentan las mismas debilidades en todos los amasados, sin embargo, para este caso hay que destacar dos cambios en su dosificación los cuales son la adición de ceniza en diferentes porcentajes (5%, 10%, 15 % y 20%), y el segundo cambio utilizar tres diferentes tipos de agregados (Tipo A, Tipo B y Tipo C).

En la tabla 1 se muestran las cantidades de ceniza usadas como adición en la dosificación de cada uno de los porcentajes de diseño, obtenidos con relación al peso de los ladrillos de control, 3.15 kg para el ladrillo tipo burrito, y 3.55 kg para el tipo maleta.

Tabla 1: Cantidad de ceniza adicionada en la dosificación con relación al peso unitario del ladrillo de control.

Porcentajes de ceniza adicionada (%)	Peso de ceniza para ladrillo burrito (kg)	Peso de ceniza para ladrillo maleta (kg)
0%	-	-
5%	0.16	0.18
10%	0.32	0.36
15%	0.47	0.53
20%	0.63	0.71

Realizado por: Autores.

Se realizó la dosificación de treinta ladrillos para cada porcentaje de adición de ceniza, en sus tres diferentes variantes. En la tabla 2 se observa la cantidad de ceniza adicionada en cada porcentaje.

Tabla 2: Cantidad de ceniza adicionada en la dosificación de treinta ladrillos con relación al peso del ladrillo de control.

Porcentajes de ceniza adicionada (%)	Peso de ceniza para ladrillos burrito (kg)	Peso de ceniza para ladrillos maleta (kg)
0%	-	-
5%	4.80	5.40
10%	9.60	10.80
15%	14.10	15.90
20%	18.90	21.30

Realizado por: Autores.

Se procedió a elaborar cada una de las variantes de diseño establecidas en la investigación, realizadas con los moldes proporcionados en la ladrillera de estudio que tienen por dimensiones para ladrillo burrito 29 cm de largo, 11 cm de ancho y 8 cm de espesor; y para ladrillo maleta 30 cm de largo, 14.5 cm de ancho y 7.5 cm de espesor.

Posterior a la elaboración de los ladrillos se continuó con el periodo de secado natural a temperatura ambiente, el cual tomaba aproximadamente de 1 a 3 días dependiendo de la intensidad del sol. La figura 1 mostrada a continuación logra reflejar los ladrillos en el transcurso de secado natural.



Figura 1: Ladrillos en periodo de secado.

Fuente: Autores.

Una vez secadas las muestras se realizó el armado del horno para la quema del ladrillo, el cual toma alrededor de 15 a 22 días, luego se procede a la quema del ladrillo, que en la mayoría de los casos tiene una duración de 60 horas aproximadamente, vertiendo leña constantemente durante el proceso.

Se ejecutaron los ensayos a los ladrillos después que acabara su producción, los cuales son: Determinación de la resistencia a la compresión (NTE INEN 294, 2005); Determinación de absorción de humedad (NTE INEN 296, 2015); Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos (NTE INEN 317, 2014).

Resultados y discusión

Dimensiones modulares

El objetivo de este ensayo es identificar las dimensiones de los ladrillos cerámicos fabricados en máquina o hechos a mano que se emplean en obras de albañilería, dentro del área de la construcción.

En la elección de las dimensiones de producción de los ladrillos se debe cumplir la relación (1) que plantea la norma NTE INEN 317:

$$l = 2a + 1s \quad (1)$$

Dónde l = largo; a = ancho; y s = junta; la dimensión de la junta en albañilería de ladrillo será menor o igual a 10 mm.

Debido a las irregularidades en las caras de los ladrillos maleta y burrito, los valores obtenidos para el ensayo de dimensiones modulares los cuales pertenecen a las medidas del largo, el ancho y la profundidad del ladrillo, para obtener un mejor resultado se generó un promedio utilizando las medidas de diez ladrillos. Las dimensiones obtenidas de cada tipo de ladrillo están representadas en la tabla 3.

Tabla 3: Dimensiones de los ladrillos artesanales.

TIPO DE LADRILLO	Largo (cm)	Ancho (cm)	Profundidad (cm)
Burrito	26,5	10,5	6,0
Maleta	27,0	13,5	5,5

Realizado por: Autores.

Reemplazando en la relación para ladrillos modulares:

- Burrito:

$$26,5 \text{ cm} = 22,0 \text{ cm}$$

- Maleta:

$$27,0 \text{ cm} = 28,0 \text{ cm}$$

Los valores obtenidos con la relación que plantea la elección de dimensiones de producción de los ladrillos, no cumplen con las dimensiones modulares normales establecidas por la norma (NTE INEN 317, 2014).

Determinación de la resistencia a la compresión

Este ensayo se realiza mediante el uso de una prensa hidráulica que determina la resistencia a compresión del ladrillo, en este caso de tipo artesanal, para comparar la resistencia mínima a compresión establecida por la norma NTE INEN 297; esta menciona los requisitos de resistencia mecánica que deben cumplir los ladrillos cerámicos, en este caso el ladrillo macizo tipo C, cuyo valor de resistencia mínima a la compresión, es de 6 MPa para un solo ladrillo, y para un promedio de cinco ladrillos es de 8 MPa.

Respecto a la posición específica del ladrillo para determinar su resistencia, esta se aplica en la misma dirección en que las cargas o los pesos propios vayan a actuar sobre él en las construcciones. Se optó por romper el ladrillo maleta en posición “de canto” (de frente), y el ladrillo de tipo burrito en posición “de sogá” (echado). A causa que en la mayoría de las construcciones realizadas en la provincia de Manabí se utilizan de esta manera.

El ensayo se lo realizó para un promedio de cinco ladrillos, por cada tipo de combinación de agregado y cantidad de porcentaje de ceniza adicionada, obteniendo los siguientes resultados para ladrillos burrito y maleta mostrados en las tablas 4 y 5.

Tabla 4: Promedio de la resistencia a compresión en las diferentes muestras de ladrillos burrito.

Porcentajes de ceniza adicionada (%)	Tipo A (MPa)	Tipo B (MPa)	Tipo C (MPa)
0%	9,16	9,56	10,87
5%	14,29	8,58	9,10
10%	13,22	8,75	7,75
15%	6,67	7,15	7,67
20%	5,23	4,33	7,17

Realizado por: Autores.

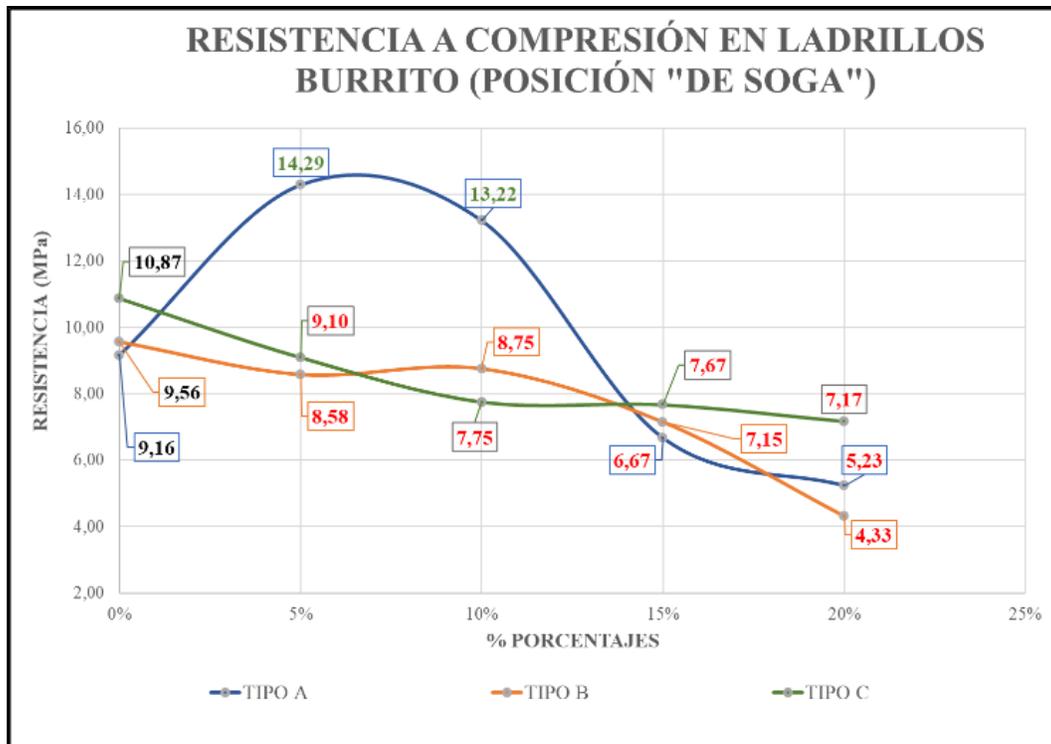


Figura 2: Curva de resistencia de los valores de la tabla 3 en ladrillos burrito.

Fuente: Autores.

En la figura 2, se observa que, para los diferentes tipos de agregados y diferentes porcentajes de adiciones de ceniza, el valor de carga perteneciente a las adiciones del 0%, 5% y 10% se encuentran por encima de la resistencia mínima a compresión del ladrillo, a diferencia de los valores del 15% y 20% los cuales no cumplen.

En comparación a los ladrillos de control de la tabla 4 que tienen un porcentaje de ceniza del 0%, existen dos valores de carga que aumentan su resistencia, que son 14.29 MPa y 13.22 MPa, los cuales forman parte del 5% y 10% de adición de ceniza con agregado de aserrín (Tipo A) y su valor más bajo es de 5.23 MPa con 20% de adición.

A diferencia de las muestras tipo B (agregado con cáscara de arroz) y tipo C (agregado combinado) que no cumplen con la resistencia mínima a compresión del ladrillo y cuyos valores más bajos son 4.33 MPa y 7.17 MPa respectivamente, que corresponden al 20% de adición de ceniza.

Tabla 5: Promedio de la resistencia a compresión en las diferentes muestras de ladrillos maleta.

Porcentajes de ceniza adicionada (%)	Tipo A (MPa)	Tipo B (MPa)	Tipo C (MPa)
0%	3,82	4,81	5,06
5%	4,37	3,55	5,77
10%	2,80	3,40	3,13
15%	3,17	3,81	3,51
20%	3,97	2,92	4,47

Realizado por: Autores.

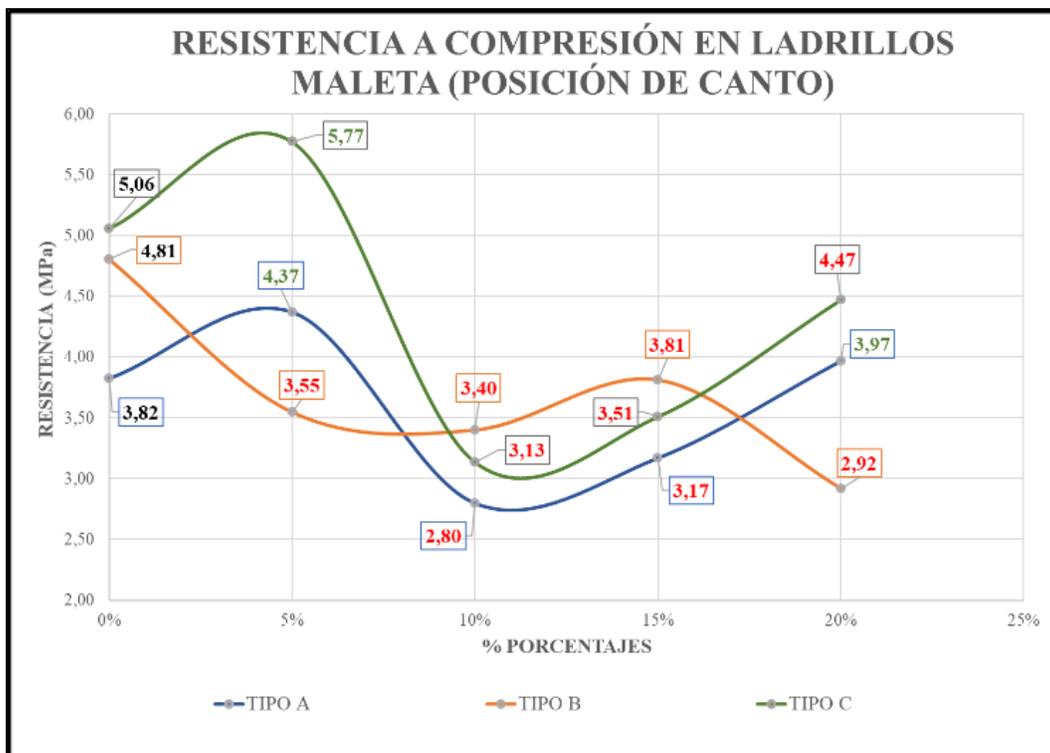


Figura 3: Curva de resistencia de los valores de la tabla 4 en ladrillos maleta.

Fuente: Autores.

Para el caso de los ladrillos maleta, en los resultados plasmados en la figura 3, los valores de carga para cada porcentaje de adición de ceniza no cumplen con la resistencia mínima a compresión. Se destaca que al igual que en el ensayo realizado en ladrillos burrito, se tiene una mejora en la resistencia en comparación al ladrillo de control, esta vez para el 5% de adición de ceniza tanto

para la muestra con agregado de aserrín (Tipo A) como para la muestra combinada (Tipo C) con valores de 4.37 MPa y 5.77 MPa respectivamente.

Existe también un alza en comparación al ladrillo de control para el 20% de adición en la muestra de agregado con aserrín (Tipo A) nuevamente con una resistencia de 3.97 MPa. Misma muestra donde se encuentra el valor de resistencia más bajo, que es de 2.80 MPa perteneciente a la variante del 10% de ceniza adicionada.

Determinación de absorción de humedad

Consiste en establecer la diferencia entre las masas de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua durante 24 horas, estableciéndose la diferencia entre las dos masas para conocer el valor de la absorción de humedad de cada espécimen, la cual será comparada con el porcentaje de absorción máxima de humedad para ladrillos cerámicos.

Dentro de la norma NTE INEN 297 se establecen los requisitos de absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos, en este caso el ladrillo macizo tipo C, posee un porcentaje de absorción máxima de humedad, cuyo valor es de 25% para un promedio de 5 unidades.

El ensayo fue realizado con un promedio de cinco unidades por cada tipo de combinación de agregados y el porcentaje de ceniza adicionada; obteniéndose los resultados de las tablas 6 y 7.

Tabla 6: Promedio de la absorción de humedad de ladrillos burrito.

Porcentajes de ceniza adicionada (%)	Tipo A (%)	Tipo B (%)	Tipo C (%)
0%	20,41	21,15	22,92
5%	20,45	22,91	25,57
10%	26,99	23,34	25,43
15%	29,47	26,44	27,86
20%	32,03	29,39	21,80

Realizado por: Autores.

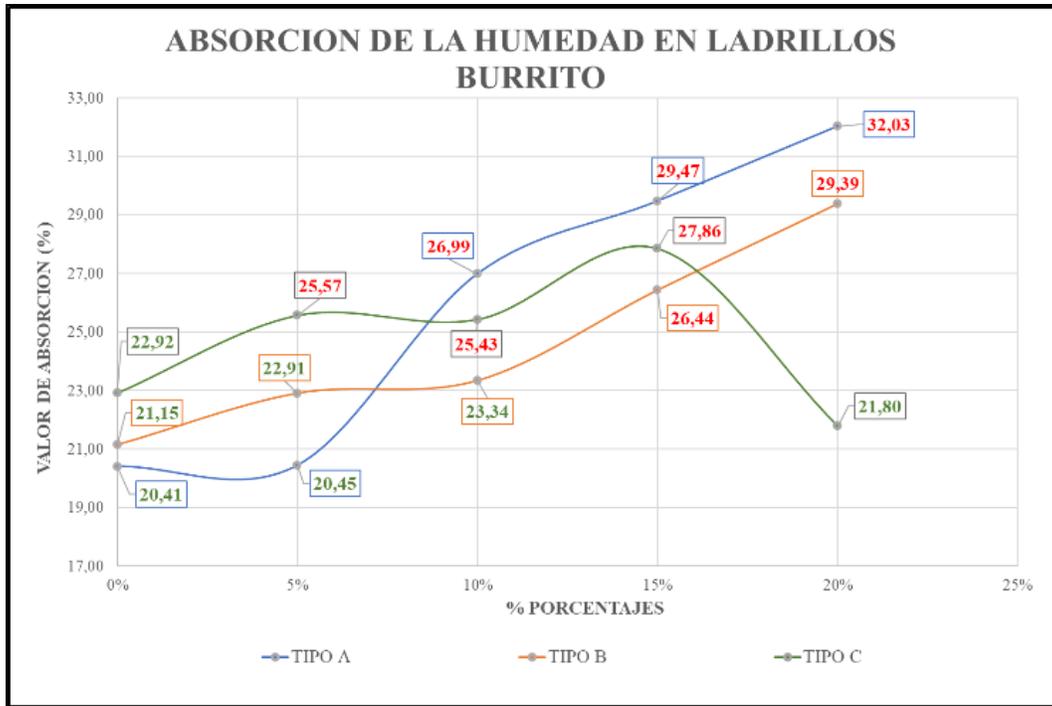


Figura 4: Curva de resultados de la tabla 5 para ladrillos burrito.

Fuente: Autores.

En la figura 4, se muestra los resultados de los valores de porcentajes de absorción para cada porcentaje de adición de ceniza en la elaboración de los ladrillos artesanales tipo burrito, se destaca que a mayor cantidad de ceniza el porcentaje de absorción de humedad aumenta, incluso sobrepasa la cantidad máxima de absorción en la mayoría de los casos, el único porcentaje el cual muestra una absorción aceptable en sus tres distintos tipos de combinaciones respecto a sus agregados son los ladrillos de control los cuales poseen 0% de adición de ceniza, esto demuestra que en efecto, a mayor cantidad de ceniza, mayor cantidad de absorción de humedad.

Tabla 7: Promedio de la absorción de humedad de ladrillos maleta.

Porcentajes de ceniza adicionada (%)	Tipo A (%)	Tipo B (%)	Tipo C (%)
0%	19,58	19,17	19,86
5%	23,42	26,33	22,36
10%	24,29	23,76	27,38

15%	26,14	25,86	23,52
20%	23,67	27,40	24,16

Realizado por: Autores.

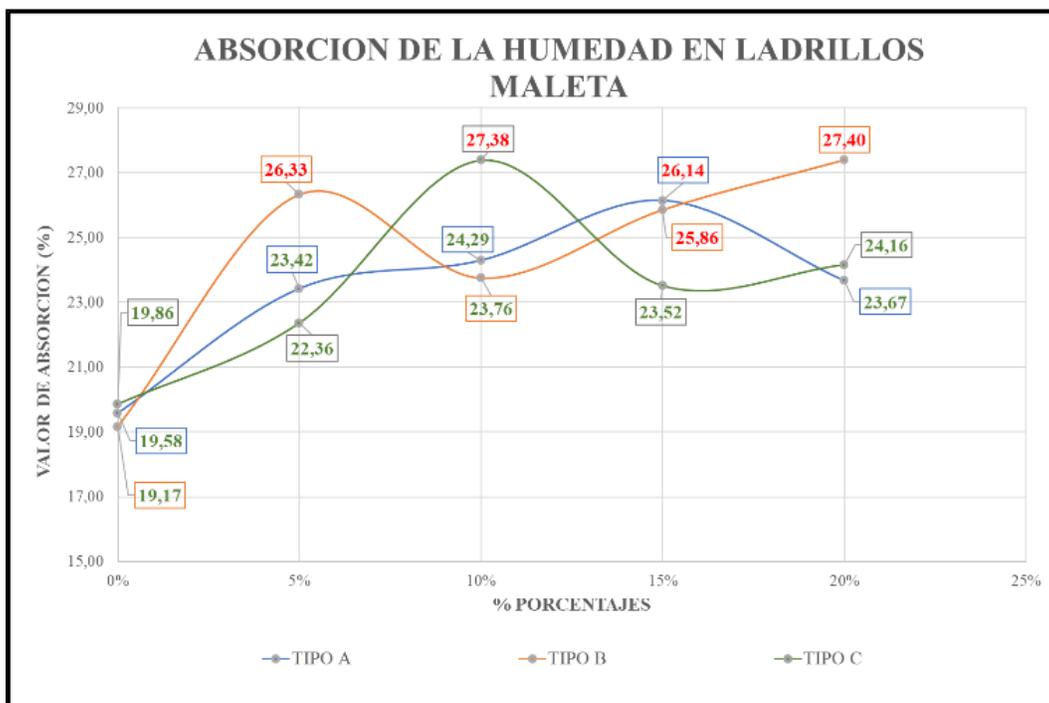


Figura 5: Curva de resultados de la tabla 6 para ladrillos maleta.

Fuente: Autores.

En la figura 5, para ladrillos artesanales tipo maleta se tienen resultados más variados respecto a la cantidad de absorción máxima para cada porcentaje de adición de ceniza, cumpliendo en su mayoría, pero mostrando un valor de absorción mayor al permitido en al menos uno de los prototipos con distintos porcentajes de adición de ceniza.

De la misma manera que en el ensayo realizado en ladrillos burrito, el ladrillo maleta también muestra un porcentaje de humedad óptimo para los ladrillos de control con 0% de adición de ceniza, en sus tres distintas combinaciones de agregados.

Conclusiones

La variante con el porcentaje idóneo de adición de ceniza pertenece al 5% con agregado de aserrín (Tipo A), ya que esta cumple con los requisitos de resistencia mecánica y de absorción de la humedad para ladrillos cerámicos según las normas establecidas por la NTE INEN, destacando que en el ensayo de resistencia a la compresión este espécimen de ladrillo artesanal, en comparación al ladrillo de control tipo A sin adición de ceniza (0%), mejora en un 56% para ladrillos burrito, mientras que para ladrillos maleta este aumenta su resistencia en un 14%.

De acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas entre los ladrillos artesanales y los adicionados con cenizas, en relación al peso, los ladrillos con mayor porcentaje de adición de ceniza tienden a ser más livianos que los ladrillos de control sin adición. Ambos muestran características aceptables según lo estipulado por las normas de control para ladrillos cerámicos, sin embargo, pese a que existe un alza en la resistencia del ladrillo con el 5% de adición, este solo es eficaz cuando posee agregado de aserrín (tipo A), mientras que para el ensayo de absorción de humedad es el ladrillo de control que dispone de un porcentaje de absorción máximo de humedad menor al 25% en sus tres distintos tipos de agregados (tipo A, B, y C).

Para el ensayo de resistencia a compresión, el área de la sección donde se aplica la carga de rotura es directamente proporcional a la resistencia del ladrillo, por lo tanto, la posición del ladrillo influye mucho, al romper el ladrillo burrito en posición “de sogá” y el maleta en posición “de canto” se puede apreciar una diferencia considerable en los resultados, es por ello que los ladrillos maleta poseen menores valores de resistencia, incluso ninguna de las variantes analizadas cumplen con lo estipulado por la NTE INEN 297, en la cual se encuentran los valores de resistencia mínima a compresión en ladrillos cerámicos.

Referencias

1. Bonilla Valles, J. S., & Córdova Ludeña, E. F. (2021). Evaluación de la composición química de las cenizas de samán (*Samanea saman*) y algarrobo (*Ceratonia siliqua*) para aprovechamiento como potasa [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias].

[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BONILLA%20VALLES%20JERSSON%20\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BONILLA%20VALLES%20JERSSON%20(1).pdf)

2. Camargo Gaona, L. E., & Yambay Santamaría, B. D. (2020). Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20679/1/T-UCE-0011-ICF-231.pdf>

3. Córdova Tineo, O., & Román Silva, N. (2019). Evaluación de la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla con adición de cascarilla de arroz, Calzada, 2019 [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50445/Córdova_TORomán_SN-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4. Espiritu Durand, J. E. (2021). Concentración de fibras de plástico reciclado PET para la elaboración de ladrillos ecológicos en el distrito de Huánuco [Tesis de grado, Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería]. <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3184/Espiritu%20Durand%20Jhois%20Estefani.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5. Mamani Barriga, L. E., & Yataco Quispe, A. J. (2017). Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/3635>

6. Muñoz Macías, J. A., Vera Coox, F. M., Briones Ponce, A. N., Ruiz Párraga, W. E., & Guerrero Alcívar, M. S. (2019). Determinación de la resistencia a la compresión de bloques, utilizando para su

construcción, una mezcla de cemento, arena y triturados de ladrillos artesanales. Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 4(1), 19–24. <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i1.1941>

7. NTE INEN 293. (2014). Ladrillos cerámicos. Definiciones. Clasificación y condiciones generales. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.

8. NTE INEN 294. (2005). Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.

9. NTE INEN 296. (2015). Ladrillos cerámicos. Determinación de absorción de humedad. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.

10. NTE INEN 297. (2014). Ladrillos cerámicos. Requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.

11. NTE INEN 317. (2014). Coordinación modular de la construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.

12. NTE INEN 2617. (2012). Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana.

13. Vinces Solórzano, C. J., Alcívar Ruiz, S. F., Carvajal Cedeño, W. E., & Ávila Pincay, C. E. (2018). Cálculo, diseño y construcción de una máquina simple para la fabricación de ladrillos tipo lego en construcciones rurales. Segunda Convención Científica Internacional de La Universidad Técnica de Manabí, 123.