

Idoneidad De Los Ladrillos De Barro Cocido Producidos En Santiago De Cuba Para Mampostería Confinada

Suitability Of Cooked Clay Bricks Produced In Santiago De Cuba For Confined Masonry

Autores

Daynis Maciel Romero Lara¹, Liliana González Díaz³, Yadila Franco Rojas⁴, Luis Alfredo Silva González⁵, Sabrina Matos Pérez⁶

¹Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, daynis.masi@gmail.com

²Ingeniera Civil Dr.C, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, liliana@uo.edu.cu

³Ingeniera Civil M. Sc., Empresa Servicios Técnicos Arquitecto de la Comunidad. Cuba, yadila.franco@nauta.cu

⁴Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, luisalfredosilvagonzalez1@gmail.com

⁵Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, matossabrina331@gmail.com

RESUMEN

El grave problema habitacional de la provincia Santiago de Cuba, demanda soluciones de viviendas sismorresistentes que contribuyan a disminuir el consumo de cemento y acero, materiales muy escasos actualmente. La Empresa de Servicios Técnicos Arquitecto de la Comunidad y la Universidad de Oriente, evalúan el uso del sistema estructural de muros portantes de mampostería confinada con ladrillos de barro cocido. Existen incertidumbres respecto a la idoneidad de los ladrillos producidos en el territorio, para este fin; por lo cual la investigación se encamina a evaluar sus potencialidades para uso estructural. Para ello, se valora la incidencia en la calidad de los ladrillos, de la composición química, granulometría, índice de plasticidad, contracción y absorción de las arcillas disponibles en los depósitos Vega Honda, Maceira Vaquería y El Sitio, concesionados en el territorio. Se analiza la calidad de las producciones de los principales tejares del territorio evidenciándose que aunque el 76 % de los lotes de ladrillos ensayados cumplen con lo especificado por la norma NMX-C-404-ONNCCE, que establece una resistencia media a compresión de 11 MPa para ladrillos de tipo macizo, esto se debe a una disminución de las dimensiones especificadas (el 89,5 % exceden las tolerancias normadas). El 89,5 % de los ladrillos cumplen con la absorción establecida por dicha norma. Los tejares no poseen las condiciones tecnológicas idóneas, lo que incide en la calidad de los ladrillos.

Palabras claves: ladrillos de barro cocido, mampostería confinada, propiedades de los ladrillos

ABSTRACT:

The serious housing problem in the province of Santiago de Cuba demands earthquake-resistant housing solutions that contribute to reducing the consumption of cement and steel, materials that are currently very scarce. The Community Architect Technical Services Company and the University of Oriente evaluate the use of the structural system of load-bearing masonry walls confined with terracotta bricks. There are uncertainties regarding the suitability of the bricks produced in the territory for this purpose; Therefore, the research is aimed at evaluating its potential for structural use. To do this, the impact on the quality of the bricks, the chemical composition, granulometry, plasticity index, contraction and absorption of the clays available in the Vega Honda, Maceira Vaquería and El Sitio deposits, concessioned in the territory, is assessed. The quality of the production of the main tiles in the territory is analyzed, showing that although 76% of the batches of bricks tested comply with what is specified by the NMX-C-404-ONNCCE standard, which establishes an average compression resistance of 11 MPa for solid type bricks, this is due to a decrease in the specified dimensions (89.5% exceed the standardized tolerances). 89.5% of the bricks comply with the absorption established by said standard. The tiles do not have the ideal technological conditions, which affects the quality of the bricks.

Keywords: fired clay bricks, confined masonry, brick properties

Nota Editorial: Recibido: Mayo 2024 Aceptado: Junio 2024

1. INTRODUCCIÓN

La insuficiencia de viviendas adecuadas y la vulnerabilidad del hábitat, son reflejo de la difícil situación económica y social que vive la población mundial. En Cuba, al finalizar 2020 el fondo habitacional era de 3 946,747 viviendas y un déficit de 863 000 inmuebles, con mayor incidencia en provincias de gran densidad poblacional como La Habana, Holguín y Santiago de Cuba. En el año 2023, solo 16 065 viviendas, el 65 % del plan, fueron terminadas, mientras que el déficit habitacional sobrepasa las 856 500 casas, trascendió en el balance anual del Ministerio de la Construcción [1]. El fondo habitacional de la provincia Santiago de Cuba con un déficit de 159 872, se ha visto afectado por la falta de mantenimiento, uso inadecuado y limitado proceso inversionista. En el municipio Santiago de Cuba, el déficit asciende a 30 014 viviendas y se planifican construir 13 395 hasta 2032. Por otra parte, debido a la escasez de cemento y acero que existe en el país, las autoridades demandan de soluciones que optimicen el uso de estos materiales [2].

En respuesta, la Oficina del Arquitecto de la Comunidad y la Universidad de Oriente estudian alternativas de sistemas estructurales, que garanticen su sostenibilidad. Entre ellos se encuentra el sistema estructural de muros portantes de mampostería confinada. La mampostería confinada es un sistema estructural por muros de mampostería rodeados de columnas y vigas de hormigón armado, con la particularidad de que estos elementos se construyen una vez que el panel ha sido terminado, con el objeto de lograr un buen contacto y adherencia entre el hormigón y la mampostería [3]. Todos los elementos aportan un comportamiento monolítico al conjunto estructural en caso de recibir tracción por un sismo, el viento, u otras causas. En este trabajo se profundiza en el ladrillo de arcilla, por ser un material asequible a la población y más económico.

Sin embargo, la introducción de la mampostería confinada de ladrillos de arcilla en Santiago de Cuba, atraviesa por una serie de obstáculos que evidencian la problemática de la investigación, entre los que se encuentran la baja disponibilidad de ladrillos. Por ejemplo, en el Tejar San Juan, el mayor del territorio, solo se producen 20 000 mensuales, además de presentar una gran variabilidad en la calidad de las piezas. Las arcillas con las que se fabrican los ladrillos presentan elementos contaminantes y elevada plasticidad, lo que afecta su calidad. Todo ello crea incertidumbres en la idoneidad de los ladrillos de barro cocido para uso estructural, lo cual motivó esta investigación, que tiene como objetivo: evaluar las potencialidades de los ladrillos de barro cocido producidos en Santiago de Cuba, para uso en estructuras de muros portantes de mampostería confinada.

2. DESARROLLO

Se diseña un programa experimental (Figura 1) en dos etapas: Caracterización de la materia prima y Caracterización de los ladrillos de barro cocido.

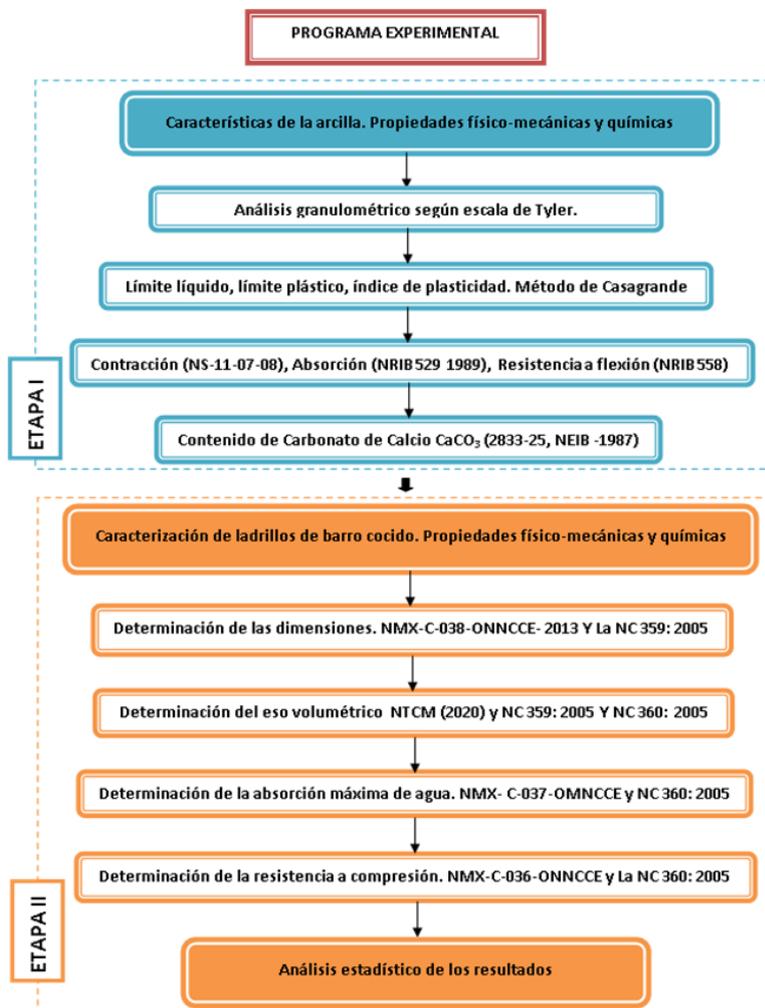


Figura 1: Programa experimental para la caracterización de la arcilla y los ladrillos de barro cocido.

En la provincia Santiago de Cuba existen 68 depósitos de arcilla apropiada para elementos de cerámica roja. De ellos, sólo nueve están concesionados, siete por la Empresa de Materiales de la Construcción (II Frente, Municipio II Frente; Maceira Vaquería, Municipio Songo-La Maya; Piñalito Los Guaos I y El Sitio, Municipio Santiago de Cuba) y dos por la Empresa de Materiales de la Construcción del Poder Popular (Nima – Nima y El Papayo, Municipio Guamá) [4]. Se realizó un análisis de la incidencia de las propiedades químicas y físicas de las arcillas disponibles en los depósitos Vega Honda, Maceira Vaquería y El Sitio, concesionados en el territorio santiaguero, a partir del análisis de su composición química y mineralógica, así como de la granulometría, aportados por la Geominera Oriente [4], para lo cual desarrollaron los siguiente ensayos:

- Agua plástica, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad por el método de Casagrande.
- Análisis granulométrico vía húmeda con tamices de abertura de malla a 5.0, 2.0, 1.0, 0.50, 0.063 y < 0.063 mm según escala de Tyler.
- Determinación de la absorción, mediante la norma NRIB 529 1989 Absorción de agua de los cuerpos horneados.
- Determinación de la contracción mediante la norma NS-11-07-08 Contracción al secado y al horneado.
- Determinación de la resistencia mediante la norma NRIB 558 1986 Resistencia a la Presión por Flexión.
- Determinación del contenido de impurezas mediante la norma 2833-25, NEIB (1987). Procesamiento previo de los análisis químicos para carbonato de calcio CaCO_3 .

Se evaluó la calidad de ladrillos producidos por entidades estatales y productores particulares a través de ensayos realizados en la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas ENIA de Santiago de Cuba. Se determinaron las dimensiones, el peso volumétrico, la absorción máxima de agua y la resistencia a compresión. Se midieron las dimensiones geométricas de cada pieza según establecen la norma mexicana NMX-C-038-ONNCCE-2013 [5], y la norma cubana NC 359: 2005 [6]. Estos datos se procesaron estadísticamente para obtener el largo, ancho y espesor promedio (Figura 2a). Para obtener el peso volumétrico de cada pieza fue necesario previamente caracterizar la geometría de cada una de ellas como establecen las normas cubanas NC 359: 2005 [6] y NC 360: 2005 [7]. Se obtuvo el peso de cada ladrillo y se calculó el peso volumétrico en estado seco.

La determinación de la absorción de agua se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma cubana NC 360: 2005 [7] y la norma mexicana NMX-C-037-ONNCCE [8], que establece que el valor medio de absorción deberá estar entre 8 % y 18 % (Figura 2b). Para determinar la resistencia a compresión se empleó el método de prueba establecido en la norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE [9] y la norma cubana NC 360: 2005 [7], que establece que el valor característico no será inferior a 10,0 MPa para los ladrillos macizos. Se registró la cantidad de carga que soporta cada pieza en el momento de la aparición de la primera grieta, se continuó con la aplicación de la carga hasta su fractura total y se calculó la resistencia a compresión referida al área bruta, en ambos casos (Figura 2c).



a) Determinación de dimensiones



b) Absorción de agua



c) Resistencia a compresión

Figura 2: Ensayos para caracterización de los ladrillos de barro cocido.

Con el propósito de valorar la incidencia del proceso productivo en la calidad de los ladrillos, se analizaron las condiciones tecnológicas de dos de los principales tejares de la provincia Santiago de Cuba: San Juan y Mar Verde. El tejar San Juan, pertenece a la Empresa de Producción de Materiales de Construcción de Santiago de Cuba (EMPROMAC) y el tejar Mar Verde es un emprendimiento particular.

3. RESULTADOS

La tabla 1, muestra la composición química de las muestras de arcilla tomadas en tres depósitos: El Sitio, perteneciente al municipio Santiago de Cuba, Maceira Vaquería al municipio Songo-La Maya y Vega Honda al Municipio Palma Soriano.

Tabla 1: Composición química de muestras de arcilla. Fuente: [4].

Depósitos	Al ₂ O ₃	SiO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	PPI
	%								
El Sitio	12,44	37,40	1,75	6,28	0,58	18,01	5,80	0,41	21,06
Maceira Vaquería	16,59	51,92	3,18	9,14	0,88	2,71	2,29	0,79	11,55
Vega Honda	15,12	60,78	2,73	8,13	0,82	1,74	2,34	0,38	6,90

La composición química y mineralógica de las arcillas influye directamente en las propiedades mecánicas y físicas de los productos cerámicos. Ninguno de los yacimientos cumplen con los porcentajes de Al₂O₃ (Óxido de Aluminio), que se requieren para los ladrillos, que deben estar entre un 20 - 30%. La cantidad de alúmina es la fase cristalina que le confiere resistencia mecánica y durabilidad a las piezas [10].

Los yacimientos Vega Honda y Maceira Vaquería están en el rango apropiado del contenido de sílice (SiO₃) (50 y 60 %) [10], no así el yacimiento El Sitio por lo que se presentan dificultades en la calidad de sus piezas como grietas, deformidades, alabeos. En todos los yacimientos la presencia de óxido de magnesio supera al 1%, lo que debe producir deterioro por expansión de la superficie del ladrillo. Todos los yacimientos sobrepasan el contenido idóneo de hierro (FeO₃) de un 5% [10]. El Sitio es el que posee un contenido cercano al apropiado (6,28 %).

La contracción de la pasta; también se ve afectada por la magnitud y la forma de las partículas. La distribución granulométrica es un parámetro esencial, encaminado a controlar la porosidad, permeabilidad y resistencia mecánica del ladrillo. Las tablas 2-2a muestran los resultados del análisis granulométrico, el límite líquido; el límite plástico e índice de plasticidad, contracción, absorción, resistencia a flexión y el contenido de carbonato de calcio CaCO₃, de 4 depósitos de arcilla.

Tabla 2: Análisis granulométrico, límites de Atterberg de las arcillas. Fuente: [4].

Depósitos	Tamiz						LL	LP	IP	AP
	5,00	2,00	1,00	0,50	0,063	<0,063				
	%									
El Sitio	0,05	0,20	0,47	0,83	11,33	87,12	42,90	23,70	19,20	42,70
Maceira Vaquería	0,56	1,99	3,17	3,44	15,35	75,49	41,60	24,64	17,00	36,50
Vega Honda	0,00	0,00	0,00	0,30	11,40	88,20	37,50	20,72	16,80	41,60
Nima -Nima	2,60	2,10	6,60	26,90	18,60	43,20	22,01	8,28	13,70	22,10

Tabla 2a: Contracción, resistencia, absorción e impurezas de las arcillas, Fuente: [4]

Depósitos	Cont. Seco	Cont. Horneado	Cont. Total	Rest. Seca	Abs. Horneado	Rest. Flexión	CaCO ₃
	%					kN/cm ²	%
El Sitio	10,00	19,05	16,00	594,30	12,00	0,05	32,13
Maceira Vaquería	19,64	27,27	21,40	291,70	16,60	0,61	2,91
Vega Honda	15,89	20,17	16,80	Roto	18,90	0,28	1,57
Nima -Nima	18,75	23,08	18,80	386,90	15,30	0,24	1,22

La superficie específica del ladrillo depende de la distribución granulométrica, cuanto mayor sea el empaquetamiento de las partículas, menor es la sección de poros, aumenta el contacto entre las partículas de arcilla y tendrá mejores propiedades físico-mecánicas [12]. En general, las mejores arcillas para fabricar ladrillo son las impuras (alrededor de 33 % de arena y limo), que reducen las contracciones y agrietamiento en el momento del secado y la quema [11] [12]. Los depósitos Maceira Vaquería, Vega Honda y El Sitio tienen entre un 75 y 80 % de granos finos (limos y arcilla) y alrededor de un 20 % de arena. Nima-Nima, posee menos del 50 % de finos, pero superior al 35 % mínimo para ladrillos de barro cocido [11].

El índice plasticidad (IP) es el rango del porcentaje de humedad en el cual el suelo presenta comportamiento plástico. Los depósitos Maceira Vaquería, El Sitio y Vega Honda son suelos altamente plásticos (IP > 15 %) y Nima - Nima es medianamente plástico (7 ≥ IP ≤15) [15]. Cuando el suelo es menos arcilloso es más susceptible a cambios de consistencia al variar la humedad. Materiales con IP > 8 %, como los depósitos Maceira Vaquería, El Sitio, Vega Honda y Nima - Nima, requieren ser mezclados con materiales desengrasantes; pues al tener un mayor índice de absorción, disminuye gradualmente la porosidad, genera mayor contracción lineal y eleva la temperatura de cocción. Todos los depósitos se pueden clasificar como arcillas inorgánicas de baja compresibilidad (CL), con suelos finos con LL < 50 % e IP > 7 %.

El Sitio, Vega Honda y Nima-Nima, presentan una contracción < 20 % (E-070), no así Maceira Vaquería. La contracción excesiva, puede causar grietas y deformaciones en el ladrillo. Por su parte, la presión de extrusión incide en la contracción por secado y que las diferencias de contracción son las que dan lugar a la rotura de la pieza. En una misma arcilla, la contracción aumenta con una mayor humedad de moldeo y un menor tamaño de las partículas [14].

La absorción de los depósitos El Sitio (12 %); Maceira Vaquería (16,6 %), Vega Honda (18,9 %) y Nima-Nima (15,3 %) cumple con los límites establecidos por la norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE (2013) [8]; sin embargo, en el depósito Vega Honda este valor es excedido. Mientras más fino es el grano de arcilla, menos poroso será también el ladrillo [13]. Esto se evidencia en la baja absorción del depósito El Sitio, respecto a los demás, siendo el que tiene un mayor porcentaje de finos en su composición. Aunque también incide la forma de moldeo y la extrusión de la pieza.

La presencia excesiva de carbonato cálcico como ocurre en El Sitio, con un 32,17 % hace que el ladrillo se agriete y pierda cohesión, además influye en el alabeo. La arcilla con un 20 a 25 % de carbonato de calcio, puede ser utilizada para la fabricación de ladrillos siempre que estén íntimamente mezclados [11].

En la tabla 3 se muestran los resultados de la evaluación de la calidad de los ladrillos con respecto a ensayos realizados en cuanto a dimensiones, peso volumétrico, absorción máxima de agua y la resistencia a compresión.

Tabla 3: Resultados de los ensayos a ladrillos producidos en Santiago de Cuba (Promedio para 10 muestras en cada caso). Fuente: ENIA 2021 y 2022

Tipos de ladrillos	Absorción (%)	Dimensiones (mm)	Resistencia media a compresión (MPa)	Fecha de ensayo
Tejar San Juan				
Estándar	18,0 Conforme	239x123x57 No conforme	13,3 Conforme	28/06/2021
Estándar	19,1 No conforme	247x125x56 No conforme	9,5 No conforme	19/10/2021
Estándar	14,5 Conforme	237x120x55 No conforme	8,2 No conforme	20/11/2021
Estándar	14,4 Conforme	231x118x57 No conforme	9,2 No conforme	15/12/2021
Estándar	17 Conforme	235x124x54 No conforme	16,3 Conforme	18/02/2022
Estándar	15,4 Conforme	246x123x61 Conforme	11,0 Conforme	04/05/2022
Estándar	12,2 Conforme	241x121x61 No conforme	14,6 Conforme	19/05/2022
Macizo	15,0 Conforme	263x123x62 No conforme	11,9 Conforme	18/6/2022
Tejar La Caridad				
Estándar	18,8 No conforme	244x124x58 No conforme	13,5 Conforme	29/06/2021
Tejar La Joya				
Estándar	17,5 Conforme	245x125x54 No conforme	9,9 No conforme	19/10/2021
Estándar	17,7 Conforme	245x125x 55 No conforme	14,8 Conforme	18/02/2022
Estándar	17,5 Conforme	245x125x 54 No conforme	9,9 No conforme	04/05/2022
Estándar	17,1 Conforme	248x 123x 64 Conforme	10,3 Conforme	04/05/2022
Tejar Framboyán				
Estándar	17,5 Conforme	237x133x57 No conforme	13,4 Conforme	28/06/2021
Estándar	15,5 Conforme	242x123x57 No conforme	11,2 Conforme	28/06/2021
Tejar II Frente				
Estándar	15,6 Conforme	228x105x 67 No conforme	17,0 Conforme	21/06/2021
Estándar	14,0 Conforme	242x105x 65 No conforme	7,0 No conforme	17/10/2021
Tejar Songo-La Maya				
Estándar	16,0 Conforme	226x 93x 57 No conforme	29,7 Conforme	03/02/2022
Tejar Vega Honda				
Estándar	16,57 Conforme	243x126x 61 No conforme	14,02 Conforme	18/07/2022

Según se puede apreciar en la tabla 3, existe gran dispersión en los resultados. En el caso de los ladrillos ensayados, el 89,5% de los valores promedio cumplen con los requisitos de absorción de agua en 24 horas establecidos por la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE (2012), que para ladrillos macizos establece como máximo el 19 % para arcilla extruida o prensada [9].

En cuanto a las dimensiones, el 89,5 % de los valores promedio resultan no conformes debido a que exceden las tolerancias establecidas por la norma mexicana NMX-C-404-ONNCCE (2012) [9], que las establecen en ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y el ancho. Aunque el 76% de los lotes de ladrillos ensayados cumplen con la resistencia especificada por dicha norma (11 MPa), es a costa de una disminución de las dimensiones de los ladrillos, por lo que tampoco son conformes. Se evidencia gran dispersión de los resultados de la resistencia a compresión a lotes de un mismo depósito (Ejemplo: el Tejar San Juan presenta un Coeficiente de variación del 40%, en el caso del tejar La Joya el Coeficiente de variación es del 37%).

Otro de los aspectos fundamentales a valorar es la disponibilidad tecnológica de la producción de ladrillos. Existen más de 11 establecimientos registrados, sin embargo presentan dificultades tecnológicas y de calidad de las producciones. Se analizaron los tejares de mayor capacidad en Santiago de Cuba se encuentran San Juan, perteneciente a la Empresa Productora de Materiales de Construcción (EMPROMAC) y Mar Verde (Particular). La figura 3 muestra los resultados del análisis.



Tejar San Juan: Problemas tecnológicos (grietas en viga y muros de un horno, extrusora rota). De dos hornos, solo trabaja uno. Capacidad máxima de producción mensual: 20 000 (u) 4-5 viviendas con área útil de 75m². El yacimiento que explota es El Sitio, con impurezas que varían desde 32,13 a 37,95 % de Carbonato de Calcio CaCO₃. Combustión con leña, dependiendo de la disponibilidad de cooperativas.



Tejar Mar Verde: Problemas tecnológicos (grietas en muros), elaboración artesanal y secado a la intemperie. 50 hornos con capacidad promedio de 4 500 (u) mensuales. Se elaboran generalmente piezas en forma de tabicón. El yacimiento que explotan es cercano a la Presa Parada, presenta entre 2,93 a 4,14 % de Carbonato de Calcio CaCO₃. Combustión con leña, dependiendo de la disponibilidad de cooperativas.

Figura 3: Caracterización de los tejares San Juan y Mar Verde de Santiago de Cuba.

4. CONCLUSIONES

Los depósitos Vega Honda, Maceira Vaquería y El Sitio, no cumplen con los porcentajes de alúmina (Al_2O) que se requieren para los ladrillos (20 - 30%). Los depósitos Vega Honda y Maceira Vaquería poseen un contenido de sílice (SiO_3) apropiado (50 - 60%), no así El Sitio por lo que presenta dificultades en la calidad de sus piezas como grietas, deformidades, alabeos, entre otras. Los depósitos Maceira Vaquería, Vega Honda y El Sitio poseen gran contenido de finos, siendo mayor en este último, lo que se corrobora con los deficientes resultados de contracción y absorción. Nima-Nima, posee mejor granulometría y en consecuencia los ladrillos tendrán mejores propiedades físico-mecánicas. Los depósitos Maceira Vaquería y El sitio, con índice de plasticidad mayor que ocho requieren ser mezclados con arenas; pues al tener un mayor índice de absorción de agua, disminuye gradualmente la porosidad, genera mayor contracción lineal y eleva la temperatura de cocción. Aunque el 76 % de los ladrillos cumplen lo especificado por la norma NMX-C-404-ONNCCE que establece como resistencia media a la compresión mínima 11 MPa, se debe a una disminución de las dimensiones, el 89,5 % exceden las tolerancias normadas. El 89,5% de los ladrillos cumplen con la absorción establecida por dicha norma mexicana. Los tejares no poseen las condiciones tecnológicas idóneas, lo que incide en la calidad de los ladrillos. Se recomienda realizar un estudio tecnológico para mejorar los procesos de extrusión y horneado, y de esta forma elevar la eficiencia de los tejares y poder alcanzar la calidad necesaria para el empleo de los ladrillos en muros portantes de mampostería confinada.

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las Empresas Geominera Oriente y Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas de Santiago de Cuba por facilitar la información necesaria para la realización de la investigación.

Esta investigación ha sido realizada con los fondos del Programa Nacional "Desarrollo local en Cuba" como parte de un resultado del proyecto "Desarrollo de nuevos materiales y tecnologías sismorresistentes para la construcción de viviendas y otras obras, con recursos locales".

1. C. Suarez, "El Programa de la Vivienda necesita otras alternativas", Periódico Granma, La Habana, 9 de Mayo de 2024, Órgano Oficial Del Comité Central del Partido Comunista de Cuba. <https://www.granma.cu/cuba/2024-02-27/el-programa-de-la-vivienda-necesita-otras-alternativas-27-02-2024-00-02-53>.
2. Y. Franco, L. González, C. Milanés, N. Saint Feliz, y F. Calderin, "Mampostería confinada vs pórticos de hormigón: Selección de alternativas para viviendas por esfuerzos propios en Cuba", Módulo Arquitectura - CUC, 30, 99–126, 2023. <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.30.1.2023.04>.
3. F. Crisafulli, C. Genatios, y M. Lafuente, "Vivienda de interés social en américa latina. Una guía para sistemas constructivos sismorresistentes", CAF, Banco Interamericano, 2020. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Genatios/publication/340439331_VIVIENDA_DE_INTERES_SOCIAL_EN_AMERICA_LATINA_UNA_GUIA_PARA_SISTEMAS_CONSTRUCTIVOS_SISMORRESISTENTES/links/5ea8e77a299bf18b95844fed/VIVIENDA-DE-INTERES-SOCIAL-EN-AMERICA-LATINA-UNA-GUIA-PARA-SISTEMAS-CONSTRUCTIVOS-SISMORRESISTENTES.pdf
4. Núñez, C. Rondón, J. Rodríguez, y Y. Rodríguez, "Diagnóstico y evaluación de minerales para la producción local de materiales de construcción en la provincia de Santiago de Cuba", Empresa Geominera Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, 2020.
5. NMX-C-038-ONNCCE-2004, Determinación de las dimensiones de ladrillos, tabiques, bloques y tabicones para la construcción, México, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S.C, 2004.
6. NC 359:2005, Ladrillos y bloques cerámicos de arcilla cocida. Métodos de ensayos. Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 2005.
7. NC 360: 2005, Materiales y productos de la construcción. Ladrillos estándar. Especificaciones de calidad, Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, 2005.
8. NMX-C-037-ONNCCE- 2013, Industria de la construcción – Mampostería - Determinación de la absorción total y la absorción inicial de agua en bloques, tabiques. -Método de ensayo, México, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S.C, 2013.
9. NMX-C-404-ONNCCE- 2012, Industria de la Construcción. Mampostería- Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural- Especificaciones y Métodos de ensayo. México, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. S.C, 2012.
10. M. Villaquirán, E. Caicedo, K. Agudelo, J. Arias, M. Viera, D. Carvajal, "Evaluación del desempeño térmico de ladrillos ecoamigables con incorporación de residuos de mullita, Ingeniería y Desarrollo, vol. 39, núm. 1, pp. 25-43, 2021.
11. D. Manco, C. Martínez, J. Gómez, D. Giraes, y S. Molina, "Caracterización fisicoquímica de las arcillas utilizadas en la preparación de pastas cerámicas para la producción de los lotes de ladrillo tipo H-10 en la empresa Ladrillera Valledupar S.A.S., Colombia", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. 3, pp. 54-59, 2020.
12. P. Muñoz, M. Ortiz, M. Mendivil y L. Muñoz, "Fired clay bricks manufactured by adding wastes as sustainable construction material: a review", *Constr. Build. Mater.*, vol. 63, pp. 97-107, jul. 2014.
13. M. Moreno, Y. Pabón, L. Cely, J. Cely, "Influencia de la molienda húmeda en el comportamiento estructural y mecánico de productos cerámicos conformados por extrusión de una arcilla del Zulia (Norte de Santander, Colombia)", *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Volume 58, Issue 5, 2019, Pages 190-198, 2019. ISSN 0366-3175, <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2019.01.001>, 2019. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317519300019>)
14. M. Bocanegra, "La contracción de secado de los productos cerámicos de construcción base arcilla", *CICDCECH*. Año 29, No.178./mayo-junio, 2021.