



Estado del conocimiento técnico y uso de la mampostería en Ecuador: Deficiencia de los programas locales de educación superior en ciencias de la construcción

State of technical knowledge and use of masonry in Ecuador: Shortcomings of local higher education programs in construction sciences

David Cajamarca-Zúñiga ^{1,2*}, Daniel Campos Vivar ³

¹ Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Cuenca, Ecuador, cajamarca.zuniga@gmail.com

² Institute of Industrial and Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Russia

* cajamarca.zuniga@gmail.com, Moscow, 129337, Russia, +79266323440

³ Universidad Católica de Cuenca, Ecuador, dcamposv@ucacue.edu.ec

Received: 12/05/2023 | Accepted: 30/05/2023 | Publication date: 30/08/2023

DOI:10.20868/abe.2023.2.5113

TITULARES

- Determinación cuantitativa de la realidad local del uso de mamposterías en Ecuador.
- Encuesta dirigida a los constructores a nivel nacional del Ecuador
- La mampostería estructural en los programas de estudios superiores en Ecuador.

HIGHLIGHTS

- Quantitative determination of the local reality of the use of masonry in Ecuador.
- Survey addressed to builders at national level in Ecuador.
- Structural masonry in higher education curricula in Ecuador.

RESUMEN

El territorio de la República del Ecuador presenta una alta sismicidad. En Ecuador el 95.9% de estructuras de vivienda son construidas con el uso de mamposterías. Se observa que entre los profesionales de la construcción en Ecuador existe un desconocimiento generalizado sobre las propiedades de los materiales constitutivos de las mamposterías y las normas para su diseño estructural. Tal desconocimiento ha generado la proliferación de construcciones que no cumplen con estándares técnicos de sismorresistencia y seguridad estructural, lo que puede generar considerables pérdidas económicas y sobre todo poner en riesgo la integridad física de las personas. El objetivo de esta investigación es determinar de manera cuantitativa la realidad local sobre el conocimiento técnico y uso de mamposterías en Ecuador. Los resultados evidencian principalmente que, el 82% de profesionales de la construcción son profesionales jóvenes; el 33.8% no supera los 30 años de edad; el 51.2% posee una experiencia profesional menor a 5 años; el 71% nunca o casi nunca realiza el diseño estructural incluyendo las mamposterías como elementos del sistema estructural; el 81% nunca recibió contenidos académicos sobre diseño estructural de mamposterías durante sus estudios superiores en Ecuador; existe un desconocimiento generalizado sobre las propiedades mecánicas de los materiales para mamposterías y la norma ecuatoriana para el diseño de mampostería estructural presenta importantes falencias.

Palabras clave: *Mampostería; ladrillo; diseño estructural; sismorresistencia; construcción; educación superior.*

ABSTRACT

The territory of the Republic of Ecuador has a high seismicity. In Ecuador, 95.9% of housing structures are built with the use of masonry. It is observed that among construction professionals in Ecuador there is a general lack of knowledge about the properties of the constituent materials of masonry and the standards for their structural design. This lack of knowledge has led to the proliferation of constructions that do not comply with technical standards of seismic resistance and structural safety, which can generate considerable economic losses and, above all, put the physical integrity of people at risk. The objective of this research is to quantitatively determine the local reality of the technical knowledge and use of masonry in Ecuador. The results show that 82% of construction professionals are young professionals; 33.8% are under 30 years of age; 51.2% have less than 5 years of professional experience; 71% never or almost never carry out structural design including masonry as elements of the structural system; 81% never received academic content on structural design of masonry during their higher education in Ecuador; there is a general lack of knowledge about the mechanical properties of masonry materials and the Ecuadorian standard for the design of structural masonry has significant shortcomings.

Keywords: *Masonry; brick; structural design; seismic resistance; construction; higher education.*

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad diversas civilizaciones han utilizado las mamposterías como elementos estructurales. Con el pasar del tiempo el uso de estas estructuras ha evolucionado y con ello

mejorado sus características físicas y mecánicas [1]. En la actualidad, la mampostería es ampliamente utilizada debido a sus cualidades estructurales y bajo costo. En Ecuador, el inicio del empleo de la mampostería de piedras de río con mortero de tierra cruda se remonta a la

época Cañari (500 d. C. – 1533 d. C.). Por su parte, los Incas introdujeron el uso de piedra labrada en construcciones de importancia, generando una mejor traba entre las mismas y como consecuencia disminuyendo el uso del mortero de barro. Desde mediados del siglo XVI, durante la época colonial, se dio inicio al uso de adobe y se introdujo la fabricación del ladrillo cocido. Las primeras evidencias de la fabricación del ladrillo cerámico en Ecuador se remontan al año 1565 [2], creando de esta manera criterios que fueron usados más adelante en los sistemas constructivos de mampostería principalmente con el empleo de mortero de cal y arena. Más adelante, desde mediados del siglo XIX durante el período republicano, los ladrillos cerámicos reemplazaron gradualmente a las técnicas de construcción con tierra, simbolizando el progreso en cuanto a sistemas constructivos de paredes [3].

En la actualidad, la mampostería de ladrillo y bloque continúa teniendo un uso masivo en la construcción a nivel mundial debido a su versatilidad. Los datos obtenidos en la presente investigación indican que la mampostería es una opción confiable al momento de realizar la construcción de edificaciones. Además, existen estudios que evidencian que el uso de mampostería de ladrillo y bloque proporciona un buen aislamiento térmico y acústico, contribuyendo así a la eficiencia energética de los edificios. Asimismo, su amplia disponibilidad y versatilidad permiten adaptarse a diferentes estilos arquitectónicos, convirtiéndose de esta manera en la primera opción para los constructores al momento de elaborar una mampostería. De este modo, el ladrillo cerámico continúa ocupando un lugar preponderante entre los diferentes tipos de mampuestos que se emplean para la construcción de viviendas tanto a nivel mundial, como en Latinoamérica y en Ecuador [4-7].

En Ecuador el 95.9% de estructuras de vivienda son construidas con el uso de mamposterías de bloque o ladrillo [7]. En las provincias de mayor concentración de edificaciones (Guayas, Pichincha, Azuay, Manabí y Tungurahua), aproximadamente el 70% de las viviendas corresponden a construcciones tipo villa de 1-2 pisos [8-10], en donde para su construcción se utiliza predominantemente la mampostería.

Diversas normas nacionales e internacionales definen distintos tipos de ladrillos en función de sus características geométricas y su resistencia mecánica. En Ecuador, desde finales de la década de 1970 existen normas técnicas sobre la estandarización física y mecánica de los ladrillos utilizados en la construcción [11-13]. Sin embargo, en Ecuador la producción de ladrillos cerámicos es mayoritariamente artesanal y no se sujeta a la normativa técnica existente [2] y, además, sobre la base de su experiencia profesional, los autores observan que existe un desconocimiento generalizado por parte de los profesionales de la construcción sobre las propiedades de los materiales constitutivos de las mamposterías y las normas para su diseño estructural. Tal desconocimiento ha generado la proliferación de construcciones que no cumplen con estándares técnicos de seguridad estructural. Esta falencia puede llegar a comprometer la calidad de los diseños estructurales, afectar el correcto desempeño de las estructuras. Considerando el alto peligro sísmico del territorio ecuatoriano [14-16], tales falencias pueden generar considerables pérdidas económicas y sobre todo poner en riesgo la integridad física de las personas.

Ante esta realidad surge la necesidad de realizar la presente investigación mediante una encuesta a nivel nacional, dirigida a profesionales del campo de la construcción y constructores en general, se ha recopilado información y procesado los resultados de manera cuantitativa

dando como resultado una visión más precisa y actualizada sobre los criterios utilizados para la selección de los materiales para la elaboración de mamposterías, el estado del conocimiento sobre las características de los materiales y criterios básicos para su diseño estructural.

Los resultados obtenidos corroboran de manera cuantitativa la presunción planteada por parte de los autores. Se identifica que en la actualidad el 82.1% de profesionales en el campo de la construcción en Ecuador son profesionales jóvenes y el 33.8% no supera los 30 años de edad. El 81% de profesionales nunca recibieron contenidos académicos sobre diseño estructural de mamposterías durante sus estudios superiores en Ecuador. El 51.2% de profesionales posee una experiencia profesional menor a 5 años. Además, se evidencia que existe un serio desconocimiento sobre las propiedades técnicas de los materiales constitutivos de las mamposterías y la normativa de diseño. Los resultados obtenidos proporcionan datos y criterios importantes que merecen ser ampliados en futuras investigaciones y que deben ser considerados para la adecuada implementación de programas de estudio superior, reglamentos técnicos, guías e instructivos de construcción.

2. MÉTODOS

La presente investigación sigue un enfoque cualitativo para el levantamiento de información, utilizando una encuesta, que es un método de investigación que permite obtener datos de manera rápida y eficaz [17]. La encuesta fue dirigida a los constructores a nivel nacional del Ecuador y permitió obtener datos descriptivos y comprensivos sobre sus opiniones, experiencias y perspectivas sobre el uso de mamposterías en la construcción. La investigación se basó en un cuestionario en línea elaborado con la herramienta de acceso libre “Google Forms” que

es un software de ejecución y administración de encuestas del conjunto “Google Docs Editors”.

Mediante la formulación de preguntas de tipo “opción múltiple”, se consultó a los profesionales de la construcción, parámetros como: profesión, edad, lugares en donde ha realizado proyectos u obras, experiencia en el diseño y construcción de obras, si trabaja con elementos de mampostería, si es especialista estructural, si realiza el diseño estructural incluyendo las mamposterías como elementos del sistema estructural, se consultó sobre normativas y parámetros técnicos relativos a las mamposterías estructurales, tipo de mampuesto más empleado, parámetros de resistencia, criterios generales sobre la elección y empleo de mamposterías, criterios generales sobre el mortero, criterios de elección de los materiales para mampostería y criterios de elección de ladrillos en regiones sísmicas.

La definición del tamaño de la muestra estadística para la investigación se estableció sobre la base de la información publicada en el boletín No. 10 “Análisis sectorial: La Industria de la Construcción” elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador [18], que indica que en Ecuador existen 26110 personas vinculadas a la construcción. Para obtener resultados estadísticamente representativos se estableció un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 5% y a partir de estos parámetros se calculó que la muestra representativa para la encuesta está conformada por 268 participantes.

La encuesta fue distribuida en línea a diferentes profesionales a nivel nacional. Para la distribución de la encuesta se recurrió a las oficinas de seguimiento a graduados de distintas universidades, colegios de profesionales y redes sociales de profesionales. Cada encuestado podía registrar una sola vez

sus respuestas. Una vez alcanzada la cantidad requerida de participantes, la encuesta se dio por terminada e inició el análisis cuantitativo de datos. La elaboración de gráficos se realizó en el programa "Microsoft Excel". Los resultados se presentan en este artículo.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la información recolectada se observa que el 81% de personas dedicadas a la construcción son menores a 40 años (Figura 1a). El 53% del personal dedicado a la construcción tiene una experiencia menor a 5 años. Del personal dedicado a la construcción el 55% son ingenieros civiles, el 42% son arquitectos y el 4% son profesionales de diversas ramas (Figura 1c).

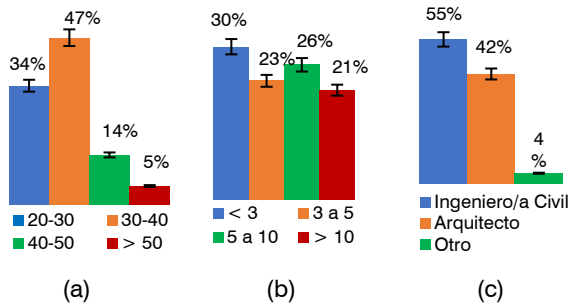


Fig. 1: Personas dedicadas a la construcción: a) edades en años, b) años de experiencia, b) profesión.

En Ecuador, el 92 % de los constructores encuestados trabaja con elementos de mampostería (Figura 2a) y para la elaboración de mamposterías utilizan preferentemente el ladrillo y el bloque, mientras que la piedra se utiliza en menor proporción (Figura 2b). El mortero más ampliamente usado es el de cemento-arena (91.3%) y el mortero de cal-arena prácticamente no se utiliza (Figura 2c). Prácticamente la mitad de los constructores recomienda el uso de ladrillo macizo para la elaboración de mamposterías por sobre otros tipos de mampuestos (Figura 2d).

Los constructores al momento de elegir el material de mamposterías (ladrillo cerámico o

bloque de cemento) consideran importante o muy importante los criterios de disponibilidad en la zona y rendimiento por sobre los parámetros de resistencia, estética y tradición arquitectónica. Tal priorización de criterios refleja que la decisión de optar por uno u otro material se rige más por el costo que por la resistencia del mampuesto (Figura 3).

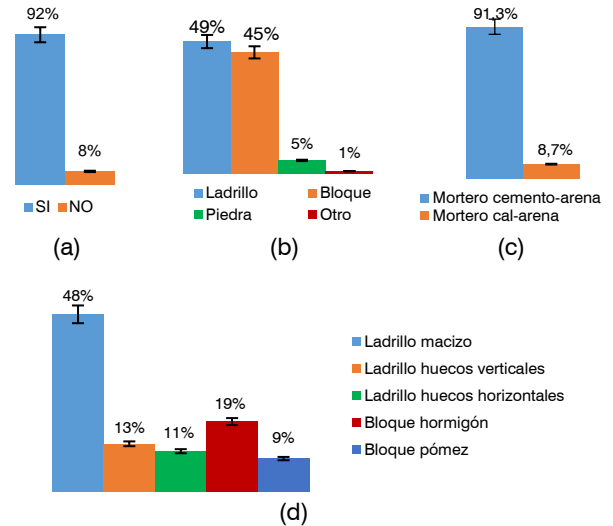


Fig. 2: Utilización de la mampostería en Ecuador: a) Profesionales que trabajan con elementos de mampostería; b) Tipo de material de mampostería más utilizado; c) Tipo de mortero más utilizado; d) Tipo de mampuesto más recomendado.

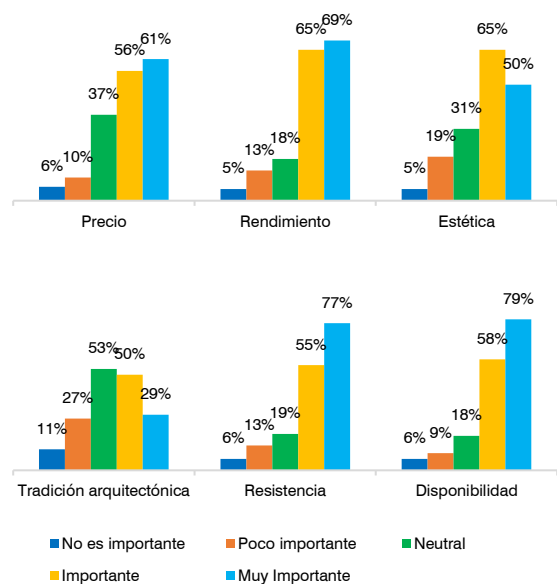


Fig. 3: Relevancia de los parámetros que más se consideran para la elección del mampuesto.

Del total de ingenieros civiles encuestados, el 20% indica que es especialista estructural (figura 4a). De los especialistas estructurales el 71% nunca o casi nunca realiza el diseño estructural incluyendo las mamposterías como elementos del sistema estructural (Figura 4b). Además, el 45% de los constructores nunca o casi nunca realiza un control técnico para que la mampostería cumpla lo establecido en el diseño estructural (Figura 4c).

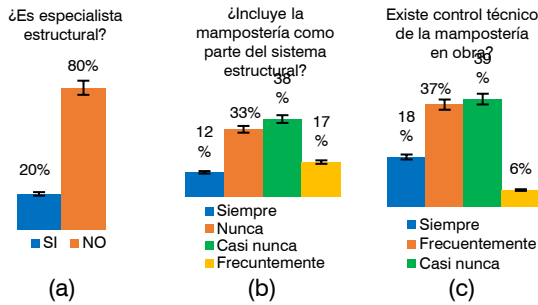


Fig. 4: Utilización de la mampostería como elemento estructural.

Los especialistas estructurales consideran que es imprescindible conocer principalmente la resistencia a compresión (89%), el módulo de elasticidad (61%) y la resistencia a la flexión (50%) entre otras características físico-mecánicas de los materiales de mampostería. Estos resultados dejan en evidencia un dato relevante, pues 1 de cada 2 especialistas estructurales no considera el peso volumétrico como una propiedad imprescindible de conocer para realizar el diseño estructural (Figura 5). Esta falta de criterio estructural conlleva a un diseño deficiente, principalmente bajo acciones sísmicas, en donde las propiedades inerciales de la estructura son de fundamental importancia.

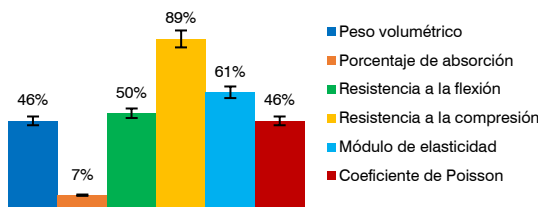


Fig. 5: Propiedades físico-mecánicas del mampuesto que los especialistas consideran imprescindibles conocer para el diseño estructural.

El 82% de los especialistas estructurales dice conocer que la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) cuenta con un capítulo específico para el diseño de mampostería estructural [19] (Figura 6a). El 75% de los especialistas estructurales afirma que utiliza esta norma (Figura 6b) y el 66.4% la considera adecuada (Figura 6c). Sin embargo, estos resultados dejan en evidencia que los especialistas estructurales al contestar esta pregunta lo hacen sin fundamento técnico, dado que la norma NEC-SE-MP, 2015 presenta serias contradicciones que demuestran la falta de rigor técnico y científico en su elaboración.

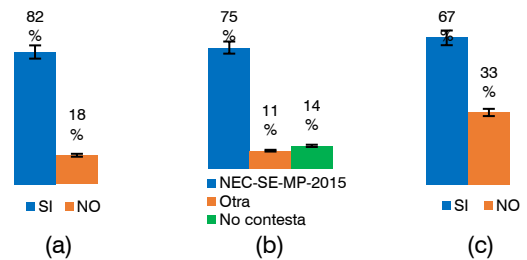


Fig. 6: a) ¿Conoce si en el Ecuador existe alguna norma para el diseño estructural de mamposterías?; b) ¿Qué normativa utiliza para el cálculo y diseño de mampostería estructural?; c) ¿Considera adecuadas las provisiones de la norma NEC-SE-MP-2015 para el cálculo y diseño de Mamposterías Estructurales?

Entre las principales deficiencias de esta norma se puede señalar que, no contiene disposiciones sobre las características mecánicas de ladrillos y morteros y no brinda ningún enfoque para el cálculo y diseño sismorresistente de estructuras de mampostería estructural. Además, señala que: “estructuras para vivienda de 1 y 2 pisos con luces de hasta 5 m pueden diseñarse de acuerdo a la norma NEC-HS-VIDRIO” (norma exclusiva para productos de vidrio), “los diámetros del refuerzo longitudinal y transversal en los elementos de confinamiento están indicados en la NEC-HS-VIDRIO” y que supuestamente ciertos tipos de estructuras de mampostería estructural y sus materiales están descritos en la norma NEC-HS-VIDRIO, la cual obviamente carece de tal información pues trata

exclusivamente sobre el vidrio utilizado en la construcción.

Los resultados de la investigación exponen además una realidad preocupante, pues prácticamente la mitad de los constructores profesionales en Ecuador dicen desconocer los valores de resistencia mecánica del ladrillo (Figura 7a). Esta realidad se evidencia en la dispersión de las respuestas a la pregunta sobre la resistencia a compresión del ladrillo macizo (Figura 7b) y la discordancia con los valores de resistencia reales que presentan los ladrillos de producción regional. Además, el 79% de los constructores nunca ha realizado ensayos de laboratorio para determinar los parámetros de resistencia de los ladrillos (Figura 7c), y quienes, si lo han hecho, han determinado fundamentalmente la resistencia a compresión (Figura 7d).

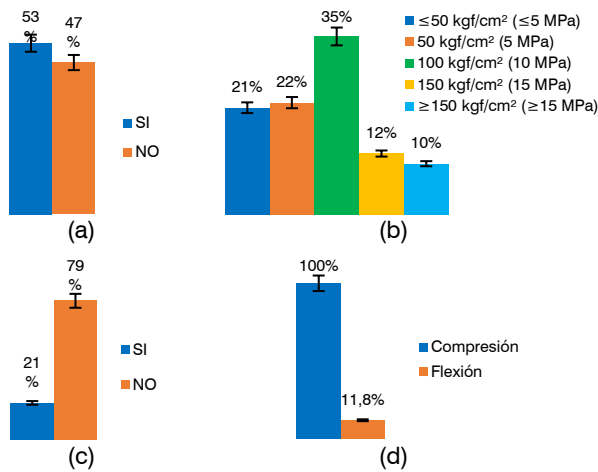


Fig. 7: Conocimiento sobre las propiedades mecánicas del ladrillo: a) ¿Conoce la resistencia a compresión del ladrillo?; b) ¿Cuál es la resistencia a compresión del ladrillo macizo?; c) ¿Ha realizado ensayos de resistencia de los ladrillos?; d) ¿Qué ensayos ha realizado?

En lo que respecta al mortero, el 70% de los constructores indica que la proporción adecuada para la elaboración del mortero de pega es una parte de cemento y tres partes de arena (Figura 8a). Además, el 74% de los constructores señala que si realiza un control en la dosificación para la elaboración del mortero

(Figura 8b). Sin embargo, al igual que en el caso de los ladrillos, los resultados de la investigación demuestran que el 58% de los constructores profesionales desconocen los valores de la resistencia a la compresión del mortero (Figura 8c), lo cual se evidencia en la dispersión de las respuestas a la pregunta sobre la resistencia a compresión del mortero (Figura 8d) y en que el 53% de respuestas indican valores de resistencia que no corresponden a los valores obtenidos en muestras de morteros tomadas aleatoriamente en obras de la región. Además, el 81% de los constructores nunca ha realizado ensayos de laboratorio para determinar los parámetros de resistencia mecánica de los morteros (Figura 8e).

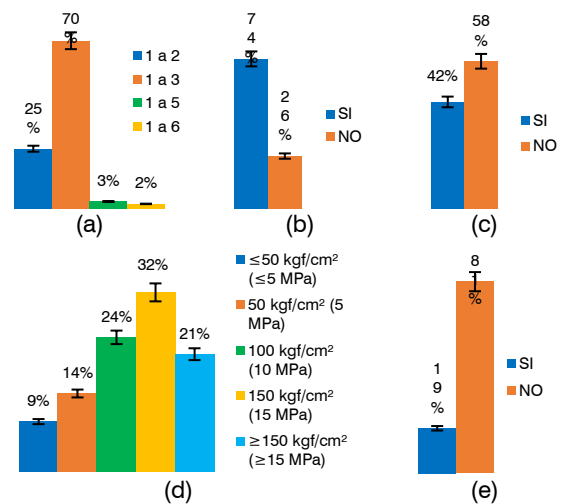


Fig. 8: Conocimiento sobre las propiedades mecánicas del mortero: a) Proporción cemento/arena; b) Realiza control técnico de la dosificación del mortero; c) ¿Conoce la resistencia a compresión del mortero?; d) ¿Cuál es la resistencia a compresión del mortero?; e) ¿Ha realizado ensayos de resistencia a compresión?

A pesar del amplio uso del bloque de pómez, el 74% de los constructores considera que la mampostería más segura ante acciones sísmicas es la mampostería de ladrillo cerámico. Además, consideran que en regiones de peligro sísmico es más seguro construir con ladrillos macizos, mientras que consideran al ladrillo con perforaciones horizontales como poco seguro (Figura 9).

Estado del conocimiento técnico y uso de la mampostería en Ecuador: Deficiencia de los programas locales de educación superior en ciencias de la construcción

David Cajamarca-Zúñiga, Daniel Campos Vivar

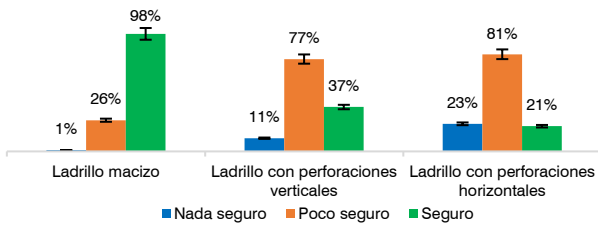
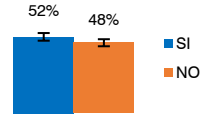


Fig. 9: Nivel de seguridad de diferentes tipos de ladrillos en zonas con riesgo sísmico.

En este sentido, es conocido que las estructuras de mampostería no confinada (URM) poseen una baja capacidad de respuesta ante las acciones sísmicas, sobre lo cual refieren diversas investigaciones [20–22]. Sin embargo, la experiencia internacional evidencia que existen edificaciones de mampostería no confinada construidas en regiones sísmicas, las cuales han soportado durante el tiempo las acciones de los terremotos y se mantienen en pie hasta el presente [23]. Actualmente, en Europa existe un gran número de edificios de mampostería no reforzada, incluido en regiones sísmicas [24]. Además, el estudio de estructuras de mampostería no confinada y confinada para edificios residenciales de baja y media altura sigue siendo materia de investigación hoy en día [25]. En este contexto, los resultados de la investigación indican que el 52% de los constructores en Ecuador considera que si es posible realizar estructuras sismorresistentes de hasta dos pisos con mampostería no confinada de ladrillo (Figura 10a), sin embargo, este criterio no lo sustentan en una base técnica sino de manera subjetiva.

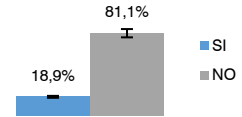
Por otra parte, el 81% de los profesionales de la construcción afirma que durante sus estudios superiores en Ecuador nunca recibieron contenidos académicos sobre diseño estructural de mamposterías (Figura 10b). Tal realidad se refleja en las significativas deficiencias del conocimiento técnico sobre estructuras de mampostería, mismas que han sido evidenciadas en este trabajo.

¿Considera viable realizar edificaciones sismorresistentes de mampostería de baja altura?



(a)

¿Durante su formación académica, estudió algún apartado acerca del diseño estructural de mamposterías?



(b)

Fig. 10: Formación académica y conocimiento técnico sobre mamposterías estructurales y sismorresistentes.

Por lo expuesto y considerando que, el territorio del Ecuador presenta alto peligro sísmico y el 95.9% de estructuras de vivienda son construidas con el uso de mamposterías, tanto la inclusión del estudio de mamposterías en los programas de estudio de nivel superior, como el desarrollo de investigaciones científicas sobre estructuras de mampostería son necesarios y de gran relevancia.

4. CONCLUSIONES

El 92 % de los profesionales de la construcción en Ecuador trabaja con elementos de mampostería y el 72% de los profesionales encuestados recomienda el uso de ladrillos cerámicos para la elaboración de mamposterías.

El 81% de los profesionales de la construcción en Ecuador tienen una edad menor a 40 años. El 53% de los profesionales tienen una experiencia menor a 5 años y el 30% tiene una experiencia inferior a un año. Apenas 2 de cada 10 profesionales de la construcción en Ecuador tiene una experiencia mayor a 10 años.

El 81% de los profesionales de la construcción afirma que durante sus estudios superiores en Ecuador nunca recibieron contenidos académicos sobre diseño estructural de mamposterías.

Del total de ingenieros civiles el 20% es especialista estructural.

El 71% de especialistas estructurales nunca o casi nunca realiza el diseño estructural

incluyendo las mamposterías como elementos del sistema estructural. Uno de cada dos especialistas estructurales no considera que el peso volumétrico del mampuesto es una propiedad imprescindible de conocer para realizar el diseño estructural. Esta falta de criterio conlleva a un deficiente diseño sismorresistente, en donde las propiedades inerciales de la estructura desempeñan un rol fundamental.

El capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción para el diseño de mampostería estructural (NEC-SE-MP, 2015) presenta serias deficiencias, no contiene disposiciones sobre las características mecánicas de ladrillos y no brinda ningún enfoque para el cálculo y diseño sismorresistente de estructuras de mampostería.

Los constructores al momento de elegir el material para la mampostería priorizan los criterios de costo sobre el criterio de resistencia.

Prácticamente 1 de cada 2 constructores profesionales en Ecuador desconoce los valores de la resistencia a la compresión tanto del ladrillo como del mortero y el 80% de los constructores nunca ha realizado ensayos de laboratorio para determinar las características de resistencia de los ladrillos y morteros.

El estudio de estructuras de mampostería no confinada y confinada para edificios residenciales de baja y media altura sigue siendo materia de investigación a nivel mundial. El 52% de los constructores en Ecuador considera que, si se pueden realizar estructuras sismo resistentes de hasta dos pisos con mampostería no confinada de ladrillo, sin embargo, este criterio es subjetivo y no lo sustentan en una base técnica y científica.

Tomando en cuenta la alta sismicidad del territorio de Ecuador, en donde el 95.9% de estructuras de vivienda son construidas con el uso de mamposterías, y la evidente deficiencia

de conocimientos técnicos sobre este tipo de estructuras, los autores consideran totalmente necesaria y justificada la inclusión del estudio de mamposterías en los programas de educación superior en las carreras de ingeniería civil y arquitectura en el Ecuador. Además, recomiendan el desarrollo de investigaciones científicas sobre la sismorresistencia de estructuras de mampostería considerando las particularidades regionales y los materiales locales de la República de Ecuador.

5. RECONOCIMIENTO

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a las ingenieras Claudia Ortiz Abril y Daniela Ortiz Abril por su colaboración en la preparación del formulario en línea para realizar la encuesta.

6. REFERENCIAS

- [1] Al-Sibahy A, Edwards R (2021) Effect of chases with renovation techniques on the load carrying capacity of masonry walls. *Infrastructures* 6:.. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6110160>
- [2] Cajamarca-Zuniga D, Campos D (2023) Definition of the most commonly used ceramic brick for construction in Ecuador: Type and dimensions. *Mater Today Proc.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.299>
- [3] Caldas V, Sigcha P (2017) Breve análisis cronológico de la introducción de materiales relevantes dentro de las edificaciones del centro histórico de Cuenca entre los años 1880 y 1980. Universidad de Cuenca
- [4] Mousourakis A, Arakadaki M, Kotsopoulos S, et al (2020) Earthen architecture in greece: traditional techniques and revaluation

- [5] Sharma N, Telang D, Rath B (2017) A Review on Strength of Clay Brick Masonry. *Int J Res Appl Sci Eng Technol* 5:2620–2626
- [6] Radivojević A, Kurtović-Folić N (2006) Evolution of Bricks and Brick Masonry in the Early History of Its Use in the Region of Today's Serbia. *J Mater Civ Eng* 18:692–699. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(2006\)18:5\(692\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(2006)18:5(692))
- [7] INEC (2019) Encuesta de Edificaciones 2018. Quito
- [8] INEC (2010) Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Fascículo Provincial Pichincha. Quito
- [9] INEC (2010) Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Fascículo Provincial Azuay. Quito
- [10] INEC (2010) Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador. Fascículo Provincial Guayas. Quito
- [11] (1977) NTE INEN 297 Ladrillos Cerámicos Requisitos. Ecuador
- [12] (2014) NTE INEN 293 Ladrillos Cerámicos Definiciones. Clasificación y Condiciones Generales. Ecuador
- [13] (2015) NTE INEN 292 Ladrillos cerámicos. Muestreo (Clay bricks. Sampling). Ecuador
- [14] Cajamarca-Zuniga D, Kabantsev O (2023) Influence of the Carnegie Ridge on the Development of Seismogenic Sources and Seismicity of Ecuador. *Lect Notes Civ Eng* 282:299–310. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10853-2_28
- [15] Cajamarca-Zuniga D, Kabantsev O V., Marin C (2022) Macroseismic intensity-based catalogue of earthquakes in Ecuador. *Struct Mech Eng Constr Build* 18:161–171. <https://doi.org/http://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-161-171>
- [16] Kabantsev O, Cajamarca-Zuniga D (2023) Proposal for improving the solid clay brick contact surface to increase the initial shear strength of masonry. *Mater Today Proc* 83:8. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.640>
- [17] Casas Anguita J, Repullo Labrador JR, Donado Campos J (2003) La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Aten. Primaria* 31:527–538
- [18] INEC (2012) Análisis sectorial: La Industria de la Construcción
- [19] NEC-SE-MP (2015) Norma Ecuatoriana de la Construcción. Mampostería Estructural. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Ecuador
- [20] Liu Z, Crewe A (2020) Effects of size and position of openings on in-plane capacity of unreinforced masonry walls. *Bull. Earthq. Eng.* 18:4783–4812
- [21] Dong K, Sui ZA, Jiang J, Zhou X (2019) Experimental study on seismic behavior of masonry walls strengthened by reinforced mortar cross strips. *Sustainability* 11:19. <https://doi.org/10.3390/su11184866>
- [22] Wang C, Antos SE, Triveno LM (2021) Automatic detection of unreinforced masonry buildings from street view images using deep learning-based image segmentation. *Autom Constr* 132:. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103968>
- [23] Kázmér M (2019) Living with Earthquakes along the Silk Road. In: Yang LE, Bork HR, Fang X, Mischke S (eds) *Socio-Environmental Dynamics along the Historical Silk Road*. Springer Nature

Switzerland, Cham, Switzerland, pp 153–176

- [24] Dihoru L, Crewe AJ, Liu Z, Taylor CA (2018) Shaking table studies of FRP-reinforced masonry: experimental and numerical results. In: Proceedings of the 16th European Conference on Earthquake Engineering (Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering). Springer Verlag, Thessaloniki, p 12
- [25] Medeiros P, Vasconcelos G, Lourenço PB, Gouveia J (2013) Numerical modelling of non-confined and confined masonry walls. *Constr Build Mater* 41:968–976.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.013>