

Valoración de la resistencia a la compresión de elementos tradicionales usados en mampostería

Feijoo Calle Ernesto Patricio
<https://orcid.org/0000-0001-6901-7933>
pfeijoo@uazuay.edu.ec
Universidad del Azuay
Cuenca-Ecuador

Feijoo Guevara Bernardo Andrés
<https://orcid.org/0000-0002-1089-1332>
bernardofejoo@uazuay.edu.ec
Universidad del Azuay
Cuenca-Ecuador

Poma Feicán Paúl Esteban
<https://orcid.org/0000-0001-9723-7474>
paulpoma@es.uazuay.edu.ec
Universidad del Azuay
Cuenca-Ecuador

Recibido(12/05/2022), Aceptado(05/06/2022)

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar los elementos típicos usados en mampostería, elaborados en la ciudad de Cuenca (Ecuador), y dicha caracterización fue respecto a la propiedad denominada resistencia a la compresión (RCS). Estas piezas son elaboradas en fábricas artesanales, desde hace mucho tiempo atrás y mantienen una rutina en cuanto al uso de materiales y metodología, su uso es común y generalizado. Los elementos a los que se hace referencia son los denominados adobe, ladrillo y bloque de concreto o cemento. Para valorar la resistencia a la compresión de estos componentes se elaboraron 30 probetas de cada uno de los grupos, probetas con dimensiones aproximadas de 5x5x10 cm., y se sometieron al ensayo respectivo, con el equipo adecuado. Los resultados presentan valores que se deben tomar en consideración y se concluye con observaciones que pueden coadyuvar para el mejoramiento de ciertos aspectos de los elementos estudiados.

Palabras clave: adobe, bloque de concreto, construcción, ladrillo.

Evaluation of the compressive strength of traditional elements used in masonry

Abstract

The objective of this work was to characterize the typical elements used in masonry, made in the city of Cuenca (Ecuador), and said characterization was related to the property called compressive strength (UCS). These pieces are made in artisan factories, for a long time and maintain a routine in terms of the use of materials and methodology, its use is common and widespread. The elements referred to are those called adobe, brick and concrete or cement block. To assess the compressive strength of these components 30 specimens were made from each of the groups, specimens with approximate dimensions of 5x5x10 cm., and submitted to the respective test, with the appropriate equipment. The results present values that must be taken into consideration and conclude with observations that can contribute to the improvement of certain aspects of the elements studied.

Keywords: adobe, concrete block, construction, brick.

I. INTRODUCCIÓN.

Tradicionalmente en muchas localidades del Ecuador se utilizaron los materiales arcillosos para la elaboración de los denominados adobes, ladrillos y bloques de concreto, y hasta la actualidad se encuentran presentes en casas de diferentes ciudades, lo que ha demostrado, obviamente con permanente mantenimiento, que son un elemento en la mampostería a tomar en consideración. Toda edificación construida, trae consigo la necesidad de garantizar su permanencia en el espacio y en el tiempo, que depende de la capacidad de los materiales estructurales, de la forma como sean empleados y de la afectación medio ambiental a la que se vean sometidos [1].

Autores como Cárdenas y Sarmiento y Ravenna del Águila [2] han desarrollado investigaciones donde es posible evidenciar la congruencia entre los ensayos empíricos y los ensayos técnicos en laboratorio. La investigación mencionada tuvo lugar en la ciudad de Cuenca, Ecuador y consistió en la aplicación de un programa de ensayos que incluían la revisión histórica de obras, la comprensión de las propiedades mecánicas y físicas del material seleccionado, además la comprobación de las normas para conocer las características de resistencia a la compresión como la tracción diagonal y compresión normal.

La elaboración del adobe varía según la localidad, pero la base es arcillas, paja, agua y algunos otros aditivos naturales. Su fabricación se daba generalmente con ciertas características, como elaboración en el sitio de la construcción, fácil obtención de la materia prima ya que es una mezcla de barro, que está compuesta por arcilla y arena mezclada con paja, puesta en moldes y secada al sol, pero esto también varía del clima y se deja secar entre 7 a 17 días [3]. La tierra que se utiliza para hacer los adobes se extrae de los estratos del suelo que están debajo de la llamada "capa orgánica". La tierra con restos de descomposición animal o vegetal puede acarrear problemas en la edificación por su variabilidad y como consecuencia de la posible presencia de semillas, esporas, larvas o huevecillos que, después de un tiempo, se convierten en flora o fauna nociva para los sistemas constructivos. Además, la materia orgánica tiende a descomponerse, con lo que los adobes lógicamente se debilitan [4]. Es de suma importancia conocer la composición del adobe ya que esta depende del lugar de donde se extrae la materia prima, por lo que puede contener diferentes cantidades y tipos de arcillas, limo, arenas y agregados, por ende, la preparación de la mezcla y las características del adobe pueden variar [5].

El adobe generalmente debe tener mayor porcentaje de arena que arcilla. Estos, en su comienzo, eran confeccionados a mano, y luego se utilizaban moldes para lograr una mayor producción. La tierra debe permanecer húmeda durante dos días, para fermentarla y lograr que los aglomerantes actúen. Para elaborar el adobe, el barro se arroja dentro del molde humedecido, luego se comprime con la mano o los pies, repartiendo uniformemente el material; posteriormente se engrasa la superficie, y se desmolda cuidadosamente para que las aristas permanezcan en buen estado [6]. Las arcillas de baja calidad se encuentran disponibles en casi cualquier parte; como resultado de esto, por ejemplo, la manufactura de ladrillos de construcción y de baldosas que no requieran propiedades especiales son de fabricación local, para las cuales la beneficiación intensa de la materia prima no es una prioridad [7].

El ladrillo es una pieza cerámica, su forma por lo general es rectangular obtenida por moldeo, secado y cocción; está conformado por tierras arcillosas. Este elemento es usado en la industria de la construcción por ser de forma regular y fácil manejo [8]. Un bloque de concreto se define como una pieza prefabricada con forma de paralelepípedo, con o sin perforaciones en su interior, elaborada con hormigón simple, conformado por áridos inertes tanto gruesos como finos, cemento hidráulico y agua, con o sin aditivos [9]. El bloque de concreto es un material prefabricado que se utiliza principalmente en la albañilería para construir muros. Al igual que los ladrillos comunes, los bloques funcionan en conjunto al apilarse y al unirse con mortero formado generalmente por cemento, arena y agua. Para llevar a cabo esta unión, los bloques presentan un interior hueco que permite el paso de las barras de acero y el relleno de mortero [10].

A más de lo expuesto, también es muy importante conocer la resistencia a fuerzas que posee el adobe, ladrillo y bloque de concreto, en este caso se los caracterizó mediante pruebas a la compresión, es decir se determinó la resistencia a la compresión simple (RCS) de los 3 elementos. La RCS se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas adquiriendo deformaciones sin llegar a romperse. Se dice que cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, se presentan fuerzas resistentes en las fibras del cuerpo que se denominan fuerzas internas. Fuerza interna es la resistencia interior de un cuerpo a una fuerza externa. Así que cuando se usa el término esfuerzo, se refiere a la magnitud de la fuerza por unidad de área. De tal forma, que la resistencia de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas. El esfuerzo de compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen [11]. La máquina de ensayos tiene como función comprobar la resistencia de diversos tipos de materiales, para esto posee un sistema que aplica cargas controladas sobre una probeta (modelo de dimensiones preestablecidas) y mide en forma gráfica la deformación, y la carga al momento de su ruptura [12]. Cabe indicar que las muestras de los diferentes materiales y sus propiedades pueden variar según el grado de cementación o variaciones en la composición mineralógica [13].

Este trabajo propone, a partir de la base teórica utilizada para tal fin, la metodología para la obtención de los objetivos propuestos, describiendo un procedimiento claro y estadístico, que puede ser utilizado en otros casos, generando una estrategia para obtener los instrumentos de evaluación adecuados; Cabe recalcar que en este trabajo los resultados obtenidos han generado una expectativa muy importante sobre su aplicación.

II. METODOLOGÍA

Para la caracterización de estos 3 tipos de elementos, usados en mampostería, se elaboraron 30 probetas para cada uno de los grupos y se las sometieron a los ensayos de carga. Las dimensiones de las probetas fueron de 5x5x10 cm. Las probetas se las puede observar en las figuras 1, 2 y 3. La elaboración de las mismas se desarrollaron con los procedimientos tradicionales utilizados en las fábricas de la ciudad de Cuenca (Ecuador) y en las proporciones que a continuación se detallan. Las muestras de adobe se las realizaron con un 70% de arena y un 30% arcilla, luego este material se lo deja en agua, para poder tener un material moldeable, para finalmente dejar que este material se seque por 20 días. El ladrillo se lo realiza con un porcentaje de 38% de arcilla negra, 35% de arcilla amarilla, 20% de arcilla roja y 7% de agua. Luego se procede a moldear las probetas, secar al aire libre y finalmente se lo quema en el horno tradicional durante 14 horas. Para los bloques se usó chasqui o también denominado pomex, en una cantidad de 45.09%, también contiene 39.86% de polvo, 8 % de cemento y 7.05% de agua, finalmente se lo dejar sacar al aire libre por 30 días.



Fig. 1. Probetas de adobe.



Fig. 2. Probetas de ladrillo.



Fig. 3. Probetas de bloque.



Fig. 4. Equipo Humboldt para ensayos de compresión.

Luego de obtener las diferentes probetas, fueron sometidas al ensayo de carga, mediante un equipo Humboldt, el cual proporciona las garantías para la obtención de la resistencia a la compresión de los elementos sometidos. Este equipo se lo puede observar en la figura 4.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión se presentan a continuación, en las tablas 1, 2 y 3. Los resultados se muestran en mega pascales.

Como se puede observar en la tabla 1, la resistencia a la compresión simple presenta valores que varían entre 0.09 MPa y 0.87 MPa, con un promedio de 0.51 MPa, una mediana de 0.5 MPa y desviación estándar de 0.22.

Tabla 1. Resultados de la RCS del adobe

Probeta	RCS (MPa)	Probeta	RCS (MPa)	Probeta	RCS (MPa)
1	0.75	11	0.35	21	0.87
2	0.54	12	0.62	22	0.55
3	0.38	13	0.36	23	0.86
4	0.26	14	0.53	24	0.73
5	0.42	15	0.48	25	0.16
6	0.75	16	0.75	26	0.46
7	0.45	17	0.71	27	0.12
8	0.59	18	0.87	28	0.35
9	0.31	19	0.09	29	0.49
10	0.33	20	0.51	30	0.55

El histograma de los resultados para el adobe se los puede observar en la figura 5.

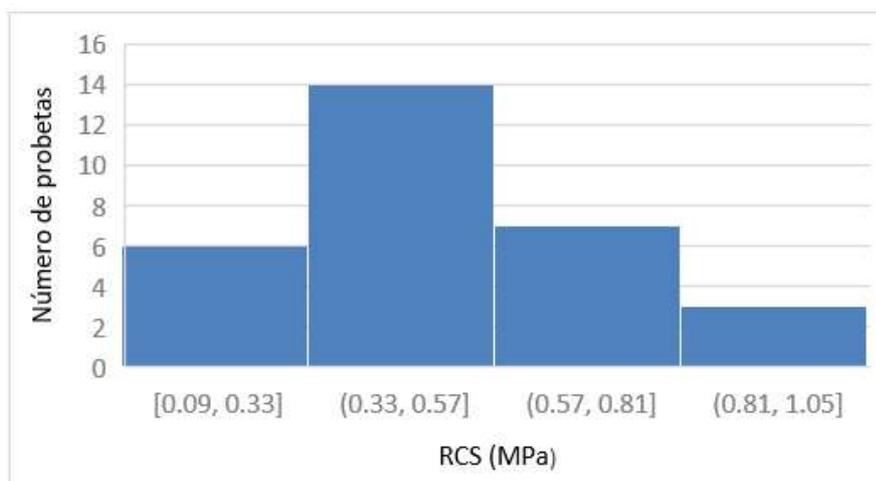


Fig. 5. Histograma de resultados de la RCS del adobe.

Luego de ejecutar la fractura de todas las muestras en el laboratorio, se pudo determinar los siguientes valores de resistencia a la compresión simple del ladrillo. Con un promedio de 3.58 MPa, mediana de 3.66 MPa y desviación estándar de 0.67, los resultados (Tabla 2), muestran una resistencia entre 1.93 MPa y 5 MPa.

Tabla 2. Resultados de la RCS del ladrillo

Probeta	RCS (MPa)	Probeta	RCS (MPa)	Probeta	RCS (MPa)
1	3.95	11	3.73	21	3.41
2	4.11	12	5.00	22	3.84
3	2.53	13	4.55	23	3.78
4	4.93	14	3.10	24	3.36
5	2.02	15	3.71	25	3.41
6	3.19	16	3.50	26	4.03
7	1.93	17	3.82	27	3.79
8	3.40	18	3.61	28	3.70
9	2.82	19	3.81	29	3.51
10	3.39	20	3.50	30	3.83

El histograma de los resultados para el ladrillo se los puede observar en la figura 6.

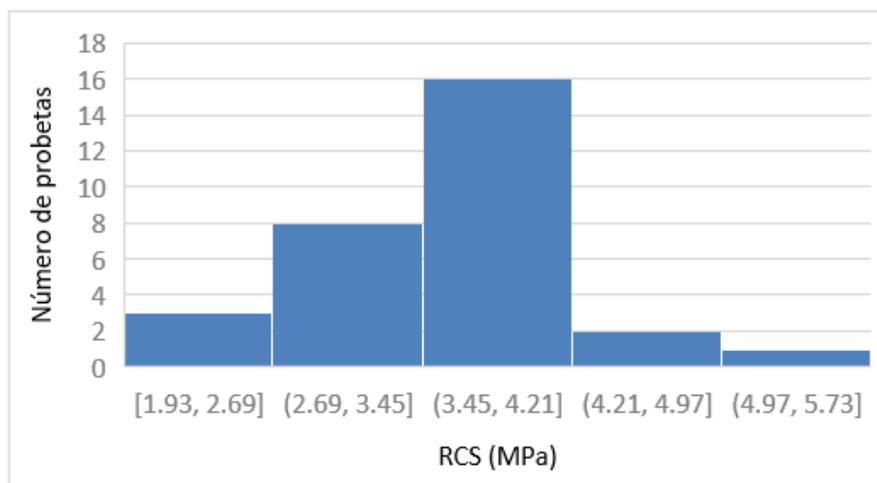


Fig. 6. Histograma de resultados de la RCS del ladrillo.

Finalmente se ejecutaron los ensayos de ruptura para las muestras de bloque, se determinó los siguientes valores de resistencia a la compresión simple, promedio de 7.85 MPa, mediana de 7.94 MPa y desviación estándar de 1.09, los resultados (Tabla 3), muestran una resistencia entre 5.93 MPa y 10.14 MPa.

Tabla 3. Resultados de la RCS del bloque

Probeta	RCS (MPa)	Probeta	RCS (MPa)	Probeta	RCS (MPa)
1	7.11	11	6.48	21	6.20
2	6.74	12	7.02	22	8.42
3	7.46	13	5.93	23	7.14
4	6.81	14	8.56	24	8.92
5	7.69	15	8.42	25	8.57
6	9.14	16	10.14	26	8.09
7	8.92	17	9.47	27	8.69
8	5.96	18	9.14	28	8.54
9	6.55	19	7.79	29	7.60
10	7.69	20	8.15	30	8.11

El histograma de los resultados para el bloque se los puede observar en la figura 7.

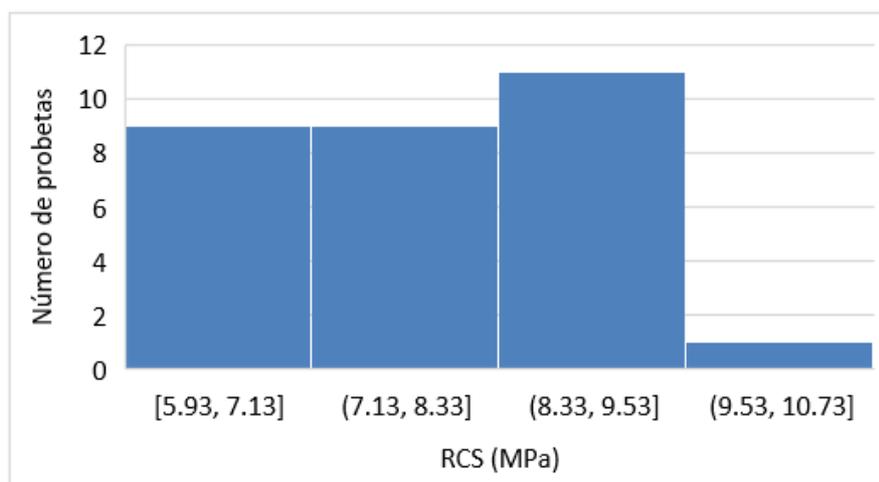


Fig. 7. Histograma de resultados de la RCS del bloque.

Los resultados nos proporcionan acotaciones importantes. La media, mediana y desviación estándar se muestran en la tabla 4. Cabe indicar que los datos del adobe presentan una menor dispersión, pero tienen una baja RCS. La desviación estándar del bloque es alta, pero la RCS de los elementos es muy buena. El ladrillo se mantiene en términos medios.

Tabla 4. Análisis de los valores de los grupos de probetas

	Media (MPa)	Mediana (MPa)	Desviación Estándar
Adobe	0.51	0.50	0.22
Ladrillo	3.58	3.66	0.67
Bloque	7.85	7.94	1.09

CONCLUSIONES

- La metodología planteada nos permite determinar que los elementos evaluados, adobe, ladrillo y bloque, tienen diferentes valores de RCS, los cuales varían desde 0.5 a 7.9 MPa. Específicamente para el adobe podemos concluir que la RCS es de 0.5 MPa, para el ladrillo de 3.6 MPa y para el bloque de concreto 7.9 MPa.
- Estos elementos pueden ser usados para elementos ornamentales, debido a que su resistencia a la compresión simple no es muy alta, pero si mantendrían durabilidad en el tiempo y al mismo tiempo permiten una excelente maniobrabilidad.
- La resistencia a la compresión del adobe es baja, por lo que se debería incluir algún aditivo para mejorarla y elevar su valor al menos a 2 MPa.
- Este trabajo presenta una metodología de trabajo simple y sencilla, para la caracterización de los elementos estudiados, por lo que su puesta a punto debe profundizarse con un mayor número de probetas y de esta forma el proceso sea avalado.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Rivera. "El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales". Revista Apuntes, vol. 25, no. 2, pp. 164 – 181, 2012.
- [2] P. Ravenna del Águila. "Características de las viviendas con adobe mejorado de la zona de selva, Morales - San Martín 2020". Tesis de Grado. Universidad Cesar Vallejo. Perú. 2020.
- [3] M. Ríos. "Registro de los sistemas constructivos con fibras naturales en la construcción del cantón Loja – Ensayo y propuesta de un adobe mejorado". Tesis de Grado. Universidad Internacional del Ecuador. Ecuador. 2018.
- [4] L. Guerrero. "Potencial ecológico de la edificación con adobe". Revista Gremium, vol. 1, no. 23, pp. 35, 2014.
- [5] M. Flores, J. Paredes. "Mejora de las características físicas y mecánicas del adobe empleando aditivos naturales de la zona – C.P. Cambio Puente y anexos". Tesis de Grado. Universidad Nacional del Santa. Perú. 2018.
- [6] A. Doria, J. Orozco. "Evaluación de propiedades físico-químicas y mecánicas del adobe elaborado con cal para su uso en la construcción sostenible". Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, no. 35, pp. 89 – 94, 2020.
- [7] R. Uribe. "Investigaciones de materias primas minerales no metálicas en el Ecuador". Revista Politécnica, vol. 36, no. 3, pp. 34 – 44, 2015.
- [8] J. Peralta. "Elaboración de ladrillos cerámicos utilizando lodos generados en la planta de tratamiento de agua potable de Tixan en la ciudad de Cuenca". Tesis de Magister. Universidad de Cuenca. Ecuador. 2018.
- [9] W. Santacruz, E. Velastegui. "Determinación de dosificación para elaborar bloques huecos de hormigón que cumplan con la actual norma INEN 3066". Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. 2018.
- [10] M. Loyola, J. Valencia. "Elaboración de bloques de construcción en base de relave minero, desechos de obra y cemento portland, para viviendas de interés social". Tesis de Grado. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Ecuador. 2019.
- [11] J. Nureña. "Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo". Trujillo. Universidad Privada del Norte. Perú. 2017.
- [12] P. Feijoo, A. Flores, B. Feijoo, "The Concept of the Granulometric Area and Its Relation with the Resistance to the Simple Compression of Rocks", presentado en la 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), Panamá, Panamá, 2019, pp. 52-56, doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00018
- [13] P. Feijoo, J. Padrón. "La Resistividad de Rocas y su Relación con la Resistencia a Compresión Simple en Mina". UCT, vol. 24, n. 99, pp. 61-67. 2020.

LOS AUTORES

Patricio Feijoo Calle, Ingeniero en Minas, graduado en la Universidad del Azuay (Cuenca-Ecuador), con estudios y pasantías en: Bolivia, Brasil, España, Australia en áreas de la geología, geofísica y desarrollo de actividades de explotación de minas. Se encuentra vinculado a la docencia en la Universidad del Azuay.



Bernardo Feijoo Guevara, Ingeniero Civil, por la Universidad del Azuay (Cuenca-Ecuador), con estudios y pasantías en: Colombia, Perú, Cuba y Panamá, en áreas de caracterización de materiales y procesos de elaboración de cementos y hormigones. Está vinculado a la docencia e investigación en la Universidad del Azuay.



Paúl Poma Feican, Ingeniero de Minas, egresado de la Universidad del Azuay en 2022 (Cuenca-Ecuador). Participante en proyectos de investigación y vinculación de la Escuela de Ingeniería en Minas.