

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de las propiedades del concreto conteniendo piedra pómez como reemplazo parcial del agregado grueso

Evaluation of the Properties of Concrete Containing Pumice as a Partial Replacement for Coarse

Aggregate

Eddisson Francisco Hernández¹

eddisson.hernandez@uam.edu.ni

 <https://orcid.org/0000-0002-9602-5805>

Universidad Americana

Marcos A. González Delgado²

marcos.gonzalezd@uamv.edu.ni

 <https://orcid.org/0009-0001-4431-3944>

Universidad Americana

Azuca A. Fukushima Chavarría³

afukushima@uamv.edu.ni

 <https://orcid.org/0009-0004-6586-4333>

Universidad Americana

Juan Carlos Mejía Murillo⁴

jcmejia@uamv.edu.ni

 <https://orcid.org/0009-0003-5238-8756>

Universidad Americana

Resumen

Datos del artículo:

Recibido: 2/09/2025

Aceptado: 28/10/2025

Palabras clave:

Concreto, piedra pómez, resistencia a la compresión, agregado grueso

Keywords:

Concrete, pumice, compressive strength, coarse aggregate

Este trabajo presenta los resultados de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto conteniendo piedra pómez como sustituto parcial del agregado grueso, con el objetivo de determinar su viabilidad técnica en aplicaciones estructurales. Se elaboraron mezclas de concreto con un 20 % y 30 % de reemplazo del agregado grueso por piedra pómez. Se determinó el porcentaje de absorción, densidad y resistencia a la compresión a los 28 días de edad. Los resultados muestran que la piedra pómez reduce trabajabilidad, densidad y resistencia a la compresión del concreto en comparación con el control.

Abstract

This study presents the results of the compressive strength of concrete mixes containing pumice as a partial replacement of coarse aggregate, with the aim of determining its technical feasibility for structural applications. Concrete mixes were prepared with 20 % and 30 % replacement of coarse aggregate by pumice. The absorption, density, and compressive strength at 28 days of age were determined. The results show that pumice reduces the workability, density, and compressive strength of concrete compared to the control.



1. Introducción

El concreto es el material predominante en la industria de la construcción, valorado por su alta resistencia a la compresión. No obstante, su elevada densidad, que oscila entre 2300 y 2500 kg/m³, representa un desafío significativo en el diseño estructural, ya que el peso propio del material condiciona las dimensiones de los elementos constructivos (García-Marín et al., 2019; Nensok et al., 2021; Cervantes, 2010). Esta problemática ha impulsado la investigación y el desarrollo de concretos ligeros, cuya densidad es menor, buscando optimizar el peso de las estructuras sin sacrificar su capacidad portante (Martínez-Canales et al., 2023).

El uso de agregados de baja densidad es la principal estrategia para producir concreto ligero. La piedra pómez, una roca de origen volcánica con alta porosidad y baja densidad, es considerada como un agregado prometedor (Rashad, 2019). Investigaciones previas han demostrado que su incorporación puede producir concretos que cumplen con los requisitos para uso estructural, alcanzando

resistencias de hasta 55 MPa (Anwar-Hossain, 2004; De la Cruz Acosta, et al., 2015). En Nicaragua, un país con alta actividad volcánica y gran disponibilidad de piedra pómez, su implementación como agregado grueso, es un área poco explorada, pero con un gran potencial para aligerar las estructuras y optimizar los costos de transporte y materiales.

Este estudio tiene como propósito determinar las propiedades físicas y desempeño de concretos elaborados con piedra pómez como sustituto parcial (20 % y 30 %) del agregado grueso convencional.

2. Diseño Metodológico

2.1 Materiales

2.1.1 Cemento

El cemento empleado fue Cemento Tipo GU, producido por Holcim (Nicaragua) S.A, el cual cumple con los requerimientos establecidos por las Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 12006-11 (MIFIC, 2012).

2.1.2 Agregados Pétreos

La arena (material cero) y grava basáltica triturada (tamaño nominal máximo de ½

pulgada) fueron obtenidos del banco de préstamo de AGRENIC, y la piedra pómez, del banco de materiales “Mina Los Hermanos”.

2.1.3 Preparación y análisis de los materiales

El tamaño nominal máximo de la piedra pómez se redujo mecánicamente empleando un molino de bolas (Máquina Los Ángeles) hasta igualar el de la grava (12.7 mm). La caracterización de los agregados se realizó según las normas ASTM C33, ASTM C70, ASTM C127, ASTM C128, ASTM C566 y ASTM C29 (ASTM, 2000). Sus propiedades físicas se muestran en la Tabla 1.

El análisis de las propiedades físicas de los agregados muestra que el peso específico de la piedra pómez es de 0.69, significativamente menor al de la grava (2.72) y la arena (2.75). Su

peso volumétrico compacto fue de 616.83 kg/m³, debido a su alta porosidad, y su capacidad de absorción fue del 65.2 %, en contraste con el 2.33 % de la grava y el 4 % de la arena.

El análisis granulométrico muestra que los agregados cumplen con lo indicado en las ASTM C33 y ASTM C330 (ASTM, 2000) (Figuras 1, 2 y 3).

Figura 1.

Curva granulométrica del agregado grueso ligero (piedra pómez)

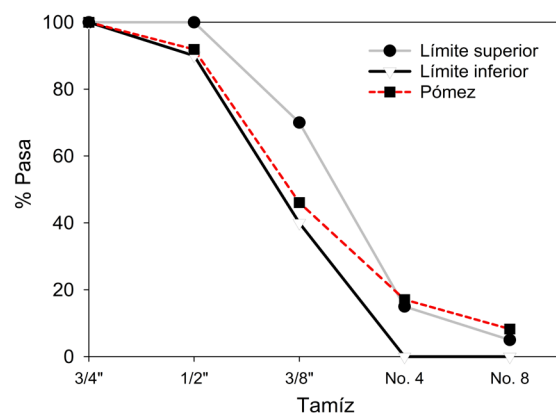


Tabla 1.

Propiedades físicas del agregado fino y grueso

Agregado	Gravedad Específica	Absorción (%)	P.V.S.S. (kg/m ³)	P.V.S.C. (kg/m ³)	Módulo de finura
Pómez	0.69	65.2	564.24	616.83	
Grava	2.72	2.33	1449.4	1547.91	
Arena	2.75	4	1384.9	1450.31	2.95

Figura 2.

Curva granulométrica del agregado grueso triturado

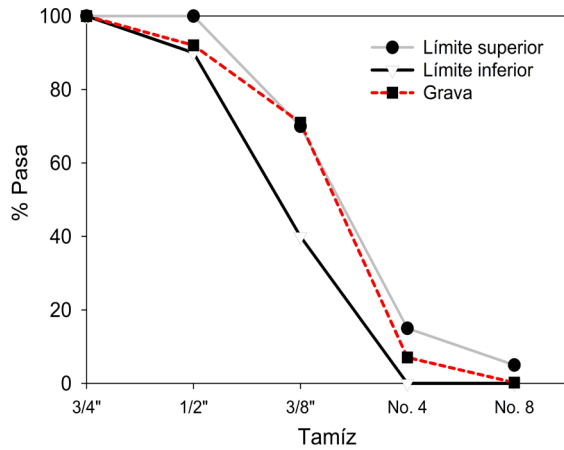
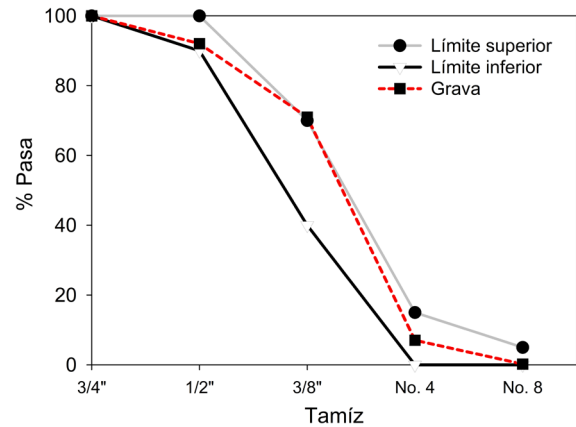


Figura 3.

Curva granulométrica del agregado fino



2.2 Mezclas de concreto

2.2.1 Diseño de experimentos

Se diseñaron tres mezclas de concreto para una resistencia de 25 MPa, con relación agua-cemento de 0.50, según el método volumétrico ACI 211.2. La mezcla control contenía el 100 % de grava triturada de 1/2" y las otras dos mezclas, la sustitución de un 20 % y un 30 % del volumen de grava por piedra pómez.

Se diseñaron las proporciones de las tres mezclas (Control, 20 % Pómez, 30 % Pómez) para un volumen de 1 m³.

Tabla 2.

Proporciones para la elaboración de 1 m³ de mezcla de concreto y propiedades en estado fresco

Mezclas de concreto	Control	Pómez (20 %)	Pómez (30 %)
a/c	0.50	0.51	0.53
Arena (kg)	781.36	781.36	781.36
Cemento (kg)	433.09	433.09	433.09
Grava (kg)	973.85	779.08	681.69
Pómez (kg)	0	49.40	74.11
Agua (kg)	216.55	224.54	228.54
Revenimiento (cm)	17.50	16.0	14.50
Temperatura (°C)	29.4	28.2	28.1

Para cada mezcla, se elaboraron 6 especímenes cilíndricos (15 cm x 30 cm) según la norma ASTM C31 (ASTM, 2000). Se evaluaron las siguientes propiedades del concreto:

Trabajabilidad:

Se midió el revenimiento del concreto en estado fresco conforme a la norma ASTM C143 (ASTM, 2000).

Densidad:

Se determinó la densidad en estado endurecido (ASTM C642) (ASTM, 2000).

Resistencia a la Compresión:

Los cilindros se curaron en agua y se ensayaron a los 14 y 28 días de edad, según la norma ASTM C39 (ASTM, 2000).

3. Resultados y Discusión

3.1 Densidad y absorción

En la Tabla 3, se presentan los resultados de la densidad y absorción de las mezclas de concreto endurecido a los 28 días de edad. Se observa que la incorporación de piedra pómez afectó de manera significativa la densidad de las mezclas de concreto endurecido,

en comparación con la mezcla control. La densidad del concreto con 20 % de pómez fue un 5.93 % menor con respecto al control, mientras que la mezcla con 30 % de pómez fue del 11.86 %. Estos resultados muestran que hay un decrecimiento de la densidad del concreto debido al incremento en el reemplazo de piedra pómez por el agregado grueso triturado.

De manera similar, el porcentaje de absorción fue mayor en las mezclas con piedra pómez en comparación con el control, en un 12.5 % y 19.71 %, para las mezclas con 20 % y 30 % de reemplazo, respectivamente.

Tabla 3.

Resultados de densidad, absorción y vacíos de los especímenes de concreto endurecido

Mezclas de concreto	Densidad (kg/m ³)	Absorción (%)
Control	2360	2.08
20 % Pómez	2220	2.34
30 % Pómez	2080	2.49

3.2 Resistencia a la compresión

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la resistencia a la compresión a los 14 y 28 días de edad. Se observa que los valores incrementan con respecto a la edad de prueba. A los 14 días de edad, las mezclas con el menor valor de resistencia fueron las que contenían 20 % de piedra pómez, mientras que las de control y 30 % de pómez, presentaron valores similares.

Tabla 4.

Resistencia a la compresión a los 14 y 28 días

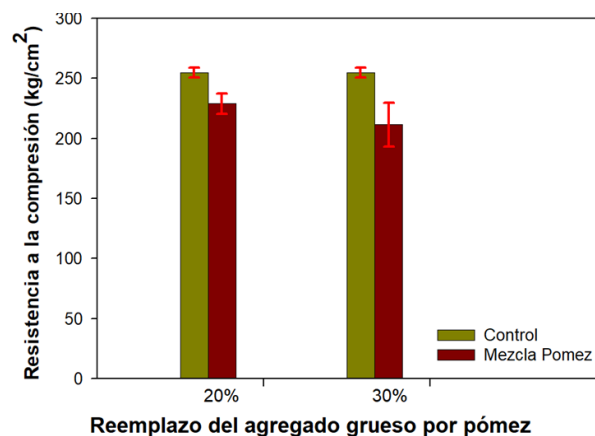
Mezclas de concreto	14 días (kg/m ²)	28 días (kg/m ²)
Control	161.22	254.67
20 % Pómez	150.61	228.96
30 % Pómez	167.13	211.47

En la Figura 4, se presentan los valores de resistencia a la compresión a los 28 días de edad. Se observa que la resistencia de la mezcla control fue de 254.67 kg/cm²; la de 20 % de pómez, de 228.96 kg/cm², y la de 30 % de pómez, 211.47 kg/cm². Los valores indican que hubo una reducción de la resistencia del

10.10 % y 16.96 %, para las mezclas con 20 % y 30 % de piedra pómez, respectivamente, en comparación con la mezcla de control.

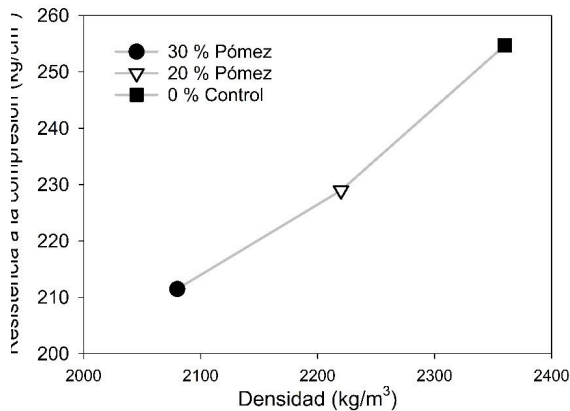
Figura 4.

Resultados de resistencia a la compresión en especímenes de concreto a 28 días. Las barras de error indican una desviación estándar



En la Figura 5, se muestra la relación entre la densidad y la resistencia a la compresión de las mezclas a los 28 días. Se observa que a menor densidad es menor resistencia a la compresión, siendo las mezclas con 30 % de pómez la de menor resistencia y densidad.

Figura 5.
Resistencia a la compresión de concreto a los
28 días en comparación con la densidad



3.3 Discusión

Los resultados confirman que la sustitución parcial del agregado grueso por piedra pómez es un método eficaz para reducir la densidad del concreto.

La disminución del peso volumétrico fue directamente proporcional al porcentaje de sustitución, logrando una reducción de hasta el 11.86 % con un 30 % de pómez. Este aligeramiento es una ventaja clave para reducir las cargas muertas en las estructuras, lo que puede llevar a cimentaciones y

elementos estructurales más esbeltos y económicos.

Sin embargo, esta ventaja viene acompañada de una reducción en la resistencia a la compresión, debido a la menor densidad y alta porosidad de la piedra pómez en comparación con la grava basáltica. A pesar de esta reducción, es crucial señalar que ambas mezclas experimentales superaron la resistencia mínima de 211 kg/cm² para elementos estructurales.

La mezcla con un 20 % de sustitución por piedra pómez demostró la relación más eficiente entre la reducción de densidad y la conservación de la resistencia mecánica, alcanzando 228.96 kg/cm².

Este valor la posiciona como una alternativa viable y atractiva para aplicaciones estructurales donde una reducción moderada del peso es deseable sin comprometer de manera crítica la capacidad de carga.

La mezcla del 30 %, aunque logra un mayor aligeramiento, experimenta una pérdida

de resistencia más acentuada, lo que podría limitar su uso en elementos que no estén sometidos a altas solicitaciones de compresión.

Los hallazgos se alinean con estudios previos que indican que la piedra pómez es un agregado viable para concretos estructurales, aunque puede ser necesario el uso de aditivos para optimizar su rendimiento (García Marín et al., 2019; Mehta y Monteiro, 2006).

4. Conclusiones

- Los resultados en estado fresco, indican que el uso de la piedra pómez afecta la trabajabilidad de las mezclas. Para concretos con reemplazo de agregado grueso mayores al 30 %, se requiere del uso de aditivos fluidificantes, que garanticen la fluidez deseada.
- El uso de piedra pómez reduce la densidad del concreto endurecido, hasta un 12 % para mezclas con el 30 % de reemplazo del agregado grueso.

Favoreciendo el desempeño estructural de las edificaciones y los costos por transporte.

- Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 y 28 días, indican que el reemplazo parcial de la piedra pómez por grava, reduce su resistencia en comparación con el control. A los 28 días, la mayor reducción fue del 17 %, para las mezclas con 30 % de pómez.
- Los valores de resistencia a la compresión de las mezclas con piedra pómez a los 28 días, cumplen con los 211 kg/cm² de diseño estructural, requerido en la construcción de algunas edificaciones.

5. Referencias

- ACI Committee 211. (1998). *ACI 211.2-98: Standard practice for selecting proportions for structural lightweight concrete*. American Concrete Institute.
- Anwar Hossain, K. M. (2004). Properties of volcanic pumice-based cement and lightweight concrete. *Cement and Concrete Research*, 34(2), 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.08.004>
- ASTM International. (2000). *Annual book of ASTM standards: Section four, construction*, volume 04.02, concrete and aggregates. ASTM International.
- Cervantes, C. A. (2010, 1 noviembre). *Nuevas tecnologías en concretos. Concreto celular - concreto reforzado con fibra - concreto ligero estructural*. <https://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/10019>
- De la Cruz Acosta, F. J., López, A. S., & Martínez, F. C. (2015). Concreto ligero utilizando cáscara de nuez. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 9(1), 1–11. <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193948443004.pdf>
- García Marín, F. M., Güiza Galeano, R. A., & Baquero Sanabria, B. A. (2019). Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 233–255. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1624>
- Martínez Canales, H. U., Hernández, E. F., & Meneses Meneses, A. (2023). Cellular concrete with preformed foam and lightweight aggregates. *Nexo Revista Científica*, 36(4), 495–505. <https://doi.org/10.5377/nexo.v36i04.16753>
- Mehta, K. P., & Monteiro, P. J. (2006). *Concrete - Microstructure, properties and materials*. In McGraw-Hill (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio [MIFIC]. (2012). *NTON 12 006-11: Norma técnica obligatoria nicaragüense: Fabricación, uso y manejo del cemento*. Managua, Nicaragua:
- Nensok, M. H., Mydin, A. O., & Awang, H. (2021). *Optimization of mechanical*

*properties of cellular lightweight
concrete treated banana* [https://doi.
org/10.7764/RDLC.20.3.491](https://doi.org/10.7764/RDLC.20.3.491)

Rashad, A. M. (2019). A short manual
on natural pumice as a lightweight
aggregate. *Journal of Building
Engineering*, 25, 100802. [https://doi.
org/10.1016/j.jobbe.2019.100802](https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100802)