

Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo cemento por aserrín y yeso

Compressive strength of concrete $f'c=210\text{kg/cm}^2$ replacing cement with sawdust gypsum

Edith Yorka Lipa Lipe
edlipali@ucvvirtual.edu.pe
ORCID 0000-0001-5323-1150
Universidad César Vallejo
Perú, Lima

Sleyther Arturo De La Cruz Vega
sdelacruz@ucv.edu.pe
ORCID 0000-0003-0254-301X
Universidad César Vallejo
Perú, Lima

RESUMEN

El presente artículo tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la sustitución de cemento por aserrín y yeso, la metodología empleada fue de tipo aplicada, diseño experimental y de enfoque cuantitativo, para lo cual se elaboraron probetas y viguetas de concreto sustituyendo cemento por aserrín y yeso en porcentajes de 3%, 5% y 7%. Los resultados mostraron que la sustitución de cemento por aserrín y yeso en porcentajes de 3%, 5% y 7% decrementan la resistencia a la compresión, pero en menor porcentaje la sustitución de aserrín, el mismo comportamiento ocurre con la resistencia a la flexión y tracción del concreto. Por lo que se concluye que la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ disminuye con la sustitución de cemento por aserrín y yeso.

Palabras clave: Resistencia; concreto; aserrín; yeso

ABSTRACT

The objective of this article was to determine the compressive strength of concrete $f'c=210\text{kg/cm}^2$ with the substitution of cement for sawdust and plaster, the methodology used was of the applied type, experimental design and quantitative approach, for which They

made test tubes and concrete joists substituting cement for sawdust and plaster in percentages of 3%, 5% and 7%. The results showed that the substitution of cement by sawdust and plaster in percentages of 3%, 5% and 7% decrease the resistance to compression, but in a lower percentage the substitution of sawdust, the same behavior occurs with the resistance to flexion and concrete traction. Therefore, it is concluded that the compressive strength, flexural strength and tensile strength of concrete $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ decreases with the replacement of cement by sawdust and gypsum.

Key words: Strength; concrete; sawdust; gypsum

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, el hormigón es el principal material de construcción utilizado en la industria de la construcción (Singh & Siddique, 2015), uno de los principales componentes del hormigón es el cemento, que está dañando el medio ambiente a un ritmo muy rápido (Dhawan et al., 2021). La industria de la construcción ha reconocido durante mucho tiempo los impactos ambientales adversos del cemento Portland ordinario (OPC). Por cada tonelada de OPC producida se generan 0,8 toneladas de dióxido de carbono, contribuyendo al efecto invernadero global (Gooi et al., 2020), más del 5% de la producción mundial de CO₂ es debido a la producción de cemento (Soni & Ojha, 2021). En muchos estudios, el cemento se reemplaza parcialmente por desechos agrícolas/industriales como polvo de vidrio, ceniza de bagazo de caña de azúcar, ceniza de cáscara de arroz, escoria de alto horno, ceniza de mazorca de maíz, ceniza de cáscara de mijo, ceniza volante, etc. para reducir costos, desechos y emisiones de CO₂ mientras estos recursos están fácilmente disponibles (Bheel et al., 2019). La producción de una gran cantidad de residuos agrícolas/industriales provoca varios problemas ambientales y relacionados con los vertederos. Verter sus cenizas obtenidas de la quema al aire libre en campos abiertos provoca graves problemas ambientales y de salud. Por lo tanto, para promover tecnologías de construcción verde y reducir los problemas de contaminación del aire, se ha introducido una gran variedad de residuos agrícolas/industriales en la industria de la construcción actual para su uso potencial como sustituto del clinker de cemento (Amin et al., 2019). Estos probables materiales de reemplazo del cemento son derivados típicos de la ceniza de la mazorca de maíz, la ceniza de la cáscara de arroz, la ceniza de la cáscara de la nuez de palma y la ceniza del aserrín. Últimamente, las mezclas ternarias, que comúnmente se desarrollan a partir de combinaciones de tres materiales cementosos, se han vuelto populares (Assiamah et al., 2022).

El aserrín es un subproducto de cortar, moler, taladrar, lijar o pulverizar madera con una sierra u otra herramienta (Adeniyi & Ighalo, 2020). Las biomásas de madera, a saber, el aserrín, son los residuos importantes producidos por las industrias madereras. El aserrín es un desecho orgánico resultante de la molienda mecánica o el procesamiento de la madera (madera) en varias formas y tamaños. El polvo se suele utilizar como combustible doméstico (Marthong, 2012). La utilización de la madera como combustible para generar

energía es la solución definitiva para los problemas relacionados con los residuos de madera (Mangi et al., 2017).

El uso de aditivos en el concreto es muy imperativo en la mayoría de las situaciones donde existe la necesidad de mejorar las propiedades del concreto fresco o endurecido o ambos por una causa exacta. En la mayoría de las situaciones, la realización de dicha mejora solo se puede lograr de manera rentable y más rápida cuando se utilizan mezclas adecuadas (Osuya & Mohammed, 2017). La elección de investigar el uso de cenizas de aserrín como aditivo en el concreto puede mejorar el estándar económico de los trabajadores de la madera al utilizar el material de desecho para generar activos y también servirá como una alternativa más económica a la de los aditivos convencionales, con la consiguiente reducción en el costo de construcción y también como un medio para abordar la contaminación ambiental causada por la acumulación de desechos inmanejables (Ogork & Ayuba, 2014).

El yeso es uno de los materiales de construcción más antiguos y más utilizados en todo el mundo debido a sus muchos atributos positivos (Hansen & Sadeghian, 2020). Los productos de yeso no son tóxicos y son materiales altamente insonorizantes y aislantes del calor. Los bloques y paneles de yeso se utilizan en tabiques y paredes internas en lugar de ladrillos cerámicos, bloques de hormigón celular y otros productos relevantes. El yeso puede ser un sustituto de la cal y el cemento en interiores (Lushnikova & Dvorkin, 2016). El yeso es un material ampliamente utilizado en construcción debido a sus destacadas propiedades, como su capacidad de adaptarse y endurecerse rápidamente frente a los cambios de humedad. Sin embargo, también presenta desventajas, como su falta de dureza y fragilidad, lo que dificulta su aplicación en edificaciones. Además, su comportamiento ante el agua es deficiente, lo que resulta en una rápida degradación (Del Río et al., 2022).

En la actualidad resulta necesario realizar investigaciones que ayuden a sustituir materiales como el cemento haciendo uso de materiales más sostenibles como el aserrín y el yeso, razón por la cual se elaboró este estudio que posee como objetivo determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la sustitución de cemento por aserrín y yeso.

MÉTODO

Para conseguir el aserrín (A); en primer lugar, se recolectó el aserrín de madereras de la ciudad de Juliaca, tomando precaución para evitar materiales ajenos al aserrín con el fin de no contaminar la muestra (su composición física química se observa en la tabla 1); mientras el yeso (Y) utilizado para esta investigación fue yeso industrial, se sustituyeron porcentajes de cemento en 3%, 5% y 7% para sustituirlos por los mismos porcentajes, tanto de aserrín como yeso; se analizaron las siguientes propiedades mecánicas: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción.



Fig. 1. Muestra de yeso y aserrín empleado en la investigación

Tabla 1. Características físicas y químicas del aserrín

Parámetro	Cantidad
Conductividad eléctrica	320 μ S/cm
Sólidos totales disueltos	172 ppm
Dureza total	380 ppm
Sulfatos	176.1 ppm
Calcio	280 ppm
Cloruros	110.6 ppm

RESULTADOS

En la tabla 1, se presentan los valores de resistencia a la compresión del concreto en kg/cm² para diferentes mezclas con sustitutos parciales de cemento. El concreto patrón (sin sustitución parcial de cemento) tiene una resistencia de 224.2 kg/cm². Mientras que los valores de resistencia para diferentes porcentajes de aserrín (A) y yeso (Y) añadidos al concreto son los siguientes 3%A: 159.2 kg/cm², 5%A: 110 kg/cm², 7%A: 155.7 kg/cm²; no obstante para el yeso, los valores son: 3%Y: 147.3 kg/cm², 5%Y: 102.2 kg/cm², 7%Y: 106.8 kg/cm². Se aprecia que la sustitución de aserrín fue la que mejores resultados consiguió en relación al concreto sustituido con yeso.

Tabla 1. Resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental

Días	Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm ²)						
	Patrón	3%A	5%A	7%A	3%Y	5%Y	7%Y
7	151.2	118.2	107.7	121.2	75.9	97.2	83.2
	171.8	112.4	111.2	123.9	81.2	98.3	83.1
	160.5	119.9	77.1	130.2	79.7	95.6	82.1
Promedio	161.2	116.8	98.7	125.1	78.9	97.0	82.8
14	202.3	142.4	92.4	130.1	101.8	99.5	90.9
	187.4	157.4	95.4	124.5	109.0	102.4	101.7
	200.7	139.9	100.7	111.8	106.5	100.3	104.6
Promedio	196.8	146.6	96.2	122.1	105.8	100.7	99.1
28	228.9	173.4	112.9	152.6	150.1	101.7	107.3
	211.8	163.5	105.8	160.4	151.1	101.9	103.0
	231.9	140.7	111.3	154.1	140.7	103.0	110.0
Promedio	224.2	159.2	110.0	155.7	147.3	102.2	106.8

En la tabla 2 se observa que valores promedios de resistencia a la flexión del concreto muestra que, en general, todas las mezclas con sustitutos parciales de cemento tienen una resistencia a la flexión inferior en comparación con el concreto patrón, que tiene un valor

promedio de 39.4 kg/cm². Entre las mezclas con sustitución parcial de cemento, el concreto con 7% de yeso (7%Y) muestra la resistencia promedio más baja, con 23.5 kg/cm², mientras que el concreto con 5% de aserrín (5%A) presenta la resistencia promedio más alta entre las mezclas con aserrín, con 33.6 kg/cm².

Tabla 2. Resistencia a la flexión del concreto patrón y experimental

ID	Patrón	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)					
		3%A	5%A	7%A	3%Y	5%Y	7%Y
1	39.7	30.2	33.8	31.5	30.8	26.5	19.6
2	37.7	32.4	35.5	28.5	29.8	28.7	22.7
3	39.4	30.9	33.6	31.5	28.8	24.9	23.5
Promedio	39.4	30.9	33.6	31.5	28.8	24.9	23.5

De acuerdo a los valores promedios de resistencia a la tracción del concreto mostrado en la tabla 3 indican que, en general, todas las mezclas con sustitutos parciales de cemento tienen una resistencia a la tracción inferior en comparación con el concreto patrón, que tiene un valor promedio de 22.9 kg/cm². Entre las mezclas con sustitución parcial de cemento, el concreto con 7% de yeso (7%Y) muestra la resistencia promedio más baja, con 11.5 kg/cm², mientras que el concreto con 3% de aserrín (3%A) presenta la resistencia promedio más alta entre las mezclas con aserrín con 18.8 kg/cm².

Tabla 3. Resistencia a la tracción del concreto patrón y experimental

Días	Patrón	Resistencia a la tracción del concreto (kg/cm ²)					
		3%A	5%A	7%A	3%Y	5%Y	7%Y
7	8.2	13.8	11.7	17.3	11.2	9.2	11.2
	13.8	15.3	13.8	15.3	10.7	9.2	10.2
	20.4	14.3	15.3	14.3	10.7	10.2	10.7
Promedio	14.1	14.5	13.6	15.6	10.9	9.5	10.7
14	23.5	16.3	17.8	17.3	15.8	10.7	11.2
	20.9	15.8	16.3	14.3	13.8	11.7	11.2
	19.9	16.3	16.8	15.3	15.8	12.7	10.2
Promedio	21.4	16.1	17.0	15.6	15.1	11.7	10.9
28	22.9	18.4	20.4	16.3	19.4	12.7	11.7
	22.9	17.8	18.9	19.4	17.3	12.7	11.2
	22.9	19.9	18.4	19.4	16.8	12.7	11.7
Promedio	22.9	18.7	19.4	18.4	17.8	12.7	11.5

DISCUSIÓN

De acuerdo a los valores de resistencia a la compresión del concreto en diferentes mezclas con aserrín y yeso. El concreto patrón (sin sustitución parcial de cemento) tuvo una resistencia de 224.2 kg/cm². Mientras que los valores de resistencia para diferentes porcentajes de aserrín (A) y yeso (Y) añadidos al concreto fueron los siguientes 3%A: 159.2 kg/cm², 5%A: 110 kg/cm², 7%A: 155.7 kg/cm²; no obstante para el yeso, los valores son: 3%Y: 147.3 kg/cm², 5%Y: 102.2 kg/cm², 7%Y: 106.8 kg/cm². Se aprecia que la sustitución con aserrín fue la que mejores resultados consiguió en relación al concreto sustituido con yeso. Estos resultados discrepan con la investigación de Sam (2020) quien indica que el

concreto patrón contaba con una resistencia a la compresión a los 28 días de 40.2 MPa, mientras que al adicionar al concreto 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de ceniza volante estos valores variaron a 41.9 MPa, 43.23 MPa, 45.28 MPa, 42.00 MPa y 39.15 MPa respectivamente. De la misma manera se observó en la investigación de Ahmad et al. (2017) quien reemplazó arena por ceniza de fondo en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100%, que la resistencia a la compresión del concreto variaba de 45.6 MPa a 42.0 MPa, 43.1 MPa, 44.8 MPa, 45.6 MPa, 43.5 MPa, 46.2 MPa, 43.9 MPa, 42.7 MPa, 41.1 MPa y 36.5 MPa respectivamente.

Según valores promedios de resistencia a la flexión del concreto muestra que, en general, todas las mezclas con sustitutos parciales de cemento tienen una resistencia a la flexión inferior en comparación con el concreto patrón, que tuvo un valor promedio de 39.4 kg/cm². Entre las mezclas con sustitución parcial de cemento, el concreto con 7% de yeso (7%Y) mostró la resistencia promedio más baja con 23.5 kg/cm², mientras que el concreto con 5% de aserrín (5%A) presentó la resistencia promedio más alta entre las mezclas con aserrín con 33.6 kg/cm². Resultados similares se presentaron en la investigación de Sathawane et al. (2013) donde al realizar la sustitución de 30% de cemento por ceniza volante la resistencia a la flexión del concreto disminuyó de 7.22 N/mm² a 6.89 N/mm², además se apreció que cuando se realizaba combinaciones con ceniza de cáscara de arroz la resistencia a la flexión disminuía aún más.

Según los valores promedios de resistencia a la todas las mezclas con sustitutos parciales de cemento tienen una resistencia a la tracción inferior en comparación con el concreto patrón, que tiene un valor promedio de 22.9 kg/cm². Entre las mezclas con sustitución parcial de cemento, el concreto con 7% de yeso (7%Y) muestra la resistencia promedio más baja, con 11.5 kg/cm², mientras que el concreto con 3% de aserrín (3%A) presenta la resistencia promedio más alta entre las mezclas con aserrín, con 18.8 kg/cm². Estos valores son similares a los conseguidos por Batt & Garg (2017) donde realizó la sustitución de cemento por 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de madera, se observó que hubo una disminución de resistencia a la tracción de 2.32 N/mm² a 1.37 N/mm², 1.82 N/mm², 2.19 N/mm² y 1.92 N/mm² respectivamente. La misma tendencia se observó en la investigación de Siddika et al. (2018) quienes realizaron el reemplazo de cemento por ceniza de cáscara de arroz en porcentajes de 10% y 15% la resistencia a la tracción decreció de 4.62 N/mm² a 4.22 N/mm² y 3.86 N/mm² respectivamente.

CONCLUSIONES

En conclusión, al evaluar la resistencia a la compresión del concreto con distintas mezclas de aserrín y yeso, se observó que la sustitución de aserrín tuvo un impacto más positivo en la resistencia que el yeso, pues el concreto patrón mostró una resistencia de 224.2 kg/cm², mientras que las mezclas con 3% y 7% de aserrín alcanzaron resistencias de 159.2 kg/cm² y 155.7 kg/cm² respectivamente.

Se concluye que al comparar los resultados con el concreto patrón de 39.4 kg/cm², las mezclas con sustitución parcial de cemento mostraron variaciones significativas en su resistencia. El concreto con un 7% de yeso (7%Y) presentó la resistencia promedio más baja, 23.5 kg/cm², indicando un impacto negativo del yeso en la resistencia. Por otro lado,

el concreto con un 5% de aserrín (5%A) mostró la resistencia promedio más alta, 33.6 kg/cm² siendo un valor cercano al del concreto patrón.

Se concluye que todas las mezclas de concreto con sustitución parcial de cemento presentan una resistencia a la tracción inferior en comparación con el concreto patrón, que tiene un valor promedio de 22.9 kg/cm². Entre las mezclas con sustitución parcial de cemento, el concreto con 7% de yeso (7%Y) exhibe la resistencia promedio más baja, con 11.5 kg/cm², mientras que el concreto con 3% de aserrín (3%A) presenta la resistencia promedio más alta entre las mezclas con aserrín, con 18.8 kg/cm².

Se concluye que la utilización de aserrín como sustituto parcial de cemento en el concreto puede tener un impacto favorable en la eficiencia energética de la producción de concreto, ya que su obtención y procesamiento generalmente requiere menos energía en comparación con otros insumos empleados en cementos convencionales. Esto podría conducir a una reducción significativa de la huella de carbono asociada con la fabricación del concreto y, por ende, beneficiar al medio ambiente. Además, que se puede realizar investigaciones para estudiar su influencia en concreto simple y como sustituto parcial del cemento para la elaboración del mortero.

CONFLICTO DE INTERESES.

Los autores, de manera transparente afirman que no existe ningún conflicto de intereses que pueda afectar la imparcialidad y objetividad en la publicación del presente artículo científico. Esta declaración reafirma su compromiso con la integridad académica y la calidad de la investigación presentada.

REFERENCIAS

- Adeniyi, A. G., & Ighalo, J. O. (2020). Computer-Aided Modelling of the Pyrolysis of Rubber Saw Dust (*Hevea Brasiliensis*) Using Aspen Plus. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 13(2), 105–108. <https://acta.fih.upt.ro/pdf/2020-2/ACTA-2020-2-16.pdf>
- Ahmad, A. I. F., Shahidan, S., Ali, N., Ramzi Hannan, N. I. R., Mohd Zuki, S. S., Ibrahim, M. H. W., Mohammad Azmi, M. A., & Abdul Rahim, M. (2017). Compressive and tensile strength for concrete containing coal bottom ash. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012055>
- Amin, M., Murtaza, T., Shahzada, K., Khan, K., & Adil, M. (2019). Pozzolanic Potential and Mechanical Performance of Wheat Straw Ash Incorporated Sustainable Concrete. *Sustainability*, 11(2), 519. <https://doi.org/10.3390/su11020519>
- Assiamah, S., Agyeman, S., Adinkrah, K., & Danso, H. (2022). Utilization of sawdust ash as cement replacement for landcrete interlocking blocks production and mortarless construction. *Case Studies in Construction Materials*, 16(February), e00945. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00945>
- Batt, A. S., & Garg, A. (2017). Partial Replacement of Wood Ash with Ordinary Portland Cement and Foundry Sand as Fine Aggregate. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 07(02). <https://doi.org/10.4172/2165-784X.1000272>
- Bheel, N., Abro, A. W., Shar, I. A., Dayo, A. . A., Shaikh, S., & Shaikh, Z. H. (2019). Use of Rice Husk Ash as Cementitious Material in Concrete. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(3), 4209–4212. <https://doi.org/10.48084/etasr.2746>

- Del Río, M., Vidales-Barriguete, A., Piña, C., Vitiello, V., Santa Cruz-Astorqui, J., & Castelluccio, R. (2022). A review of the research about gypsum mortars with waste aggregates. *Journal of Building Engineering*, 45, 103338. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103338>
- Dhawan, A., Gupta, N., Goyal, R., & Saxena, K. K. (2021). Evaluation of mechanical properties of concrete manufactured with fly ash, bagasse ash and banana fibre. *Materials Today: Proceedings*, 44(xxxx), 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.006>
- Gooi, S., Mousa, A. A., & Kong, D. (2020). A critical review and gap analysis on the use of coal bottom ash as a substitute constituent in concrete. *Journal of Cleaner Production*, 268, 121752. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121752>
- Hansen, S., & Sadeghian, P. (2020). Recycled gypsum powder from waste drywalls combined with fly ash for partial cement replacement in concrete. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122785>
- Lushnikova, N., & Dvorkin, L. (2016). Sustainability of gypsum products as a construction material. In *Sustainability of Construction Materials* (Second Edi, pp. 643–681). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100370-1.00025-1>
- Mangi, S. A., Jamaluddin, N., Wan Ibrahim, M. H., Noridah, M., & Sohu, S. (2017). Utilization of Sawdust Ash as Cement Replacement for the Concrete Production: A Review. *Engineering Science and Technology International Research Journal*, 1(3), 11–15. <http://www.estirj.com/Volume.1/2Sajjad3.pdf>
- Marthong, C. (2012). Sawdust Ash as partial replacement of Cement. *International Journal of Engineering Research and Application*, 2(4), 1980–1985. https://www.ijera.com/papers/Vol2_issue4/LW2419801985.pdf
- Ogork, E.-N. N., & Ayuba, S. (2014). Influence of Sawdust Ash (SDA) as Admixture in Cement Paste and Concrete. *IJISSET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 1(10), 736–743. www.ijiset.com
- Osuya, D. O., & Mohammed, H. (2017). Evaluation of sawdust ash as a partial replacement for mineral filler in asphaltic concrete. *Ife Journal of Science*, 19(2), 431. <https://doi.org/10.4314/ijis.v19i2.23>
- Sam, J. (2020). Compressive Strength of Concrete using Fly Ash and Rice Husk Ash: A Review. *Civil Engineering Journal*, 6(7), 1400–1410. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091556>
- Sathawane, S. H., Vairagade, V. S., & Kene, K. S. (2013). Combine Effect of Rice Husk Ash and Fly Ash on Concrete by 30% Cement Replacement. *Procedia Engineering*, 51, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.009>
- Siddika, A., Mamun, M. A. Al, & Ali, M. H. (2018). Study on concrete with rice husk ash. *Innovative Infrastructure Solutions*, 3(1), 18. <https://doi.org/10.1007/s41062-018-0127-6>
- Singh, M., & Siddique, R. (2015). Properties of concrete containing high volumes of coal bottom ash as fine aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 91, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.026>
- Soni, S., & Ojha, D. (2021). A Study on Use of Rice Husk Ash in Concrete. *Journal of Mechanical and Construction Engineering (JMCE)*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.54060/JMCE/001.01.002>