

ARTÍCULO ORIGINAL

Aprovechamiento de concreto reciclado como agregado granular en la producción de elementos prefabricados

Use of recycled concrete as a granular aggregate in the production of prefabricated elements

Adrián Antonio Díaz Martínez¹

¹aadiazm@uamv.edu.ni

 <https://orcid.org/0009-0006-7153-2452>

Universidad Americana, UAM

Eddisson Francisco Hernández²

²eddisson.hernandez@uam.edu.ni

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

Universidad Americana, UAM

Datos del artículo:

Recibido: 28/10/2025

Aceptado: 14/12/2025

Palabras clave:

Agregado reciclado,
prefabricados de
concreto, resistencia a
la compresión, residuos
de construcción

Resumen

El sector de la construcción genera grandes volúmenes de residuos de concreto, incluyendo elementos prefabricados que resultan de productos descartados por razones de deterioro durante su manipulación o falta de cumplimiento con las normas técnicas de fabricación. Con el propósito de contribuir con la mitigación de los efectos negativos que genera al medio ambiente el vertido de desechos y escombros de construcción, se evaluó la viabilidad técnica del uso de material granular obtenido de la trituración de prefabricados de concreto, tales como bloques y adoquines, como agregado fino en la fabricación de nuevos prefabricados. Se determinaron las propiedades físicas del agregado fino reciclado y se elaboraron mezclas de concreto, con reemplazo parcial del agregado convencional por agregado fino reciclado. Los resultados indican que en las mezclas que contienen agregado reciclado, se reduce la resistencia a la compresión hasta un 15 % en comparación con las mezclas que contenían agregado convencional, a los 14 días de edad.



Keywords:

Recycled aggregate,
precast concrete,
compressive strength,
construction waste.

Abstract

The construction sector generates large volumes of concrete waste, including prefabricated elements that result from products discarded due to deterioration during handling or failure to comply with technical manufacturing standards. In order to contribute to mitigating the negative effects on the environment caused by the dumping of construction waste and debris, the technical feasibility of using granular material obtained from the crushing of precast concrete elements, such as blocks and paving stones, as fine aggregate in the manufacture of new precast elements was evaluated. The physical properties of the recycled fine aggregate were determined, and concrete mixtures were prepared, with partial replacement of the conventional aggregate by recycled fine aggregate. The results indicate that in mixtures containing recycled aggregate, compressive strength is reduced by up to 15 % compared to mixtures containing conventional aggregate at 14 days of age.

Introducción

La industria de la construcción es responsable de una gran parte de los residuos sólidos generados a nivel mundial, según informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el cual se estima que a nivel global se generan alrededor de 2.01 mil millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) al año,

equivalente al 30 % de todos los residuos sólidos generados anualmente (UNEP, 2024). Los prefabricados de concreto, como bloques y adoquines, tienen una vida útil limitada, que, al ser demolidos, suelen convertirse en escombros. Sin embargo, su trituración permite obtener un material granular con potencial para ser reutilizado en nuevos ciclos productivos (Zhou y Chen,

2017; Wu et al., 2022; Castro et al., 2025).

En relación con esta problemática, se han generado diversos estudios que valoran alternativas para elegir materiales que puedan sustituir el agregado fino natural, como, por ejemplo, los trabajos de Aguilar et al., (2021) y Pignotti et al., (2025), donde utilizan residuos de bloques de concreto para la elaboración de concreto, o el de Ceballos-Medina et al., (2021), que emplean residuos de construcción y demolición, para la fabricación de adoquines. Por otro lado, otros trabajos se enfocan en evaluar el impacto ambiental y la reutilización del agregado reciclado, como parte de proyectos para viviendas (Silupu et al., 2020).

Con base en lo descrito, el presente trabajo tiene como propósito evaluar la factibilidad técnica de emplear parcialmente, agregado fino reciclado (AFR) proveniente de la trituración de prefabricados de concreto para la elaboración de nuevos elementos prefabricados y su influencia en la resistencia a la compresión.

Tipo de investigación

La investigación se clasifica como de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un alcance experimental.

Es de tipo aplicada porque busca generar conocimiento práctico y directamente útil para resolver un problema específico: el uso de residuos de prefabricados de concreto y la optimización de recursos en la industria de la construcción. Los resultados obtenidos tienen el potencial de ser implementados para mejorar procesos y generar valor agregado.

El enfoque cuantitativo se justifica por la recolección y análisis de datos numéricos. Se midieron y compararon propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados y de los nuevos elementos prefabricados, de manera particular la resistencia a la compresión. Esto permite establecer relaciones causales y determinar la viabilidad técnica del uso de estos residuos, considerando que la resistencia a la compresión es una de las principales

características evaluadas en el concreto.

Finalmente, el alcance experimental radica en la manipulación controlada de una o más variables independientes para observar su efecto sobre una o más variables dependientes. En este estudio, las variables independientes clave es el porcentaje de sustitución de agregado fino natural por agregados de concreto reciclado, y la variable dependiente principal es la resistencia a la compresión. Se diseñaron diferentes mezclas y elaboraron cilindros de concreto bajo condiciones controladas, que fueron sometidos a diferentes ensayos para evaluar sus propiedades.

3. Diseño metodológico

3.1 Materiales

3.1.1 Cemento

El cemento utilizado para la elaboración de los especímenes fue cemento tipo HE, que cumple con los requerimientos establecidos por la Norma ASTM C 1157 (ASTM, 2000) y la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 12006 – 11 (2011).

3.1.2 Agregados Pétreos

Se utilizó agregado grueso triturado de ½”, agregado fino triturado (material cero 3/16”) y agregado fino reciclado (AFR) proveniente de desechos de productos prefabricados de concreto (bloques y adoquines). La caracterización de los agregados triturados (Tabla 1), se realizó según las normas ASTM C33, ASTM C70, ASTM C127, ASTM C128, ASTM C566 y ASTM C29 (ASTM, 2000).

Tabla 1.

Propiedades físicas del agregado fino y grueso convencional.

Propiedades	Material	Grava
	cero 3/16”	1/2”
Tamaño máximo (mm)	4.76	12.50
Densidad volumétrica (kg/m ³)	1,989.00	1,561.00
Gravedad específica	2.84	2.79
Absorción de agua (%)	2.54	2.72
Módulo de finura	2.74	-

3.2 Método

La etapa experimental se realizó en un período de dos meses (marzo a mayo 2025), desarrollando varias fases, tales como:

3.2.1 Recolección y trituración de los residuos

Los residuos de prefabricados de concreto como bloques y adoquines, e incluso de productos reclasificados dentro de un proceso de producción industrial, son depositados en un sitio dentro de la empresa de prefabricados de concreto (Figura 1).

Figura 1.

Depósito en la empresa de residuos de material prefabricado de concreto.



Posteriormente, considerando la cantidad de residuo disponible, se pasa por un proceso de trituración, hasta la obtención de un agregado fino (Figura 2).

Figura 2.

Proceso de trituración del residuo de prefabricado, para la obtención de agregado fino reciclado.



3.2.2 Caracterización del agregado fino reciclado (AFR)

Se realizó la caracterización granulométrica, colorimetría, % de humedad, Peso Volumétrico Seco Suelto PVSS y Peso Volumétrico Seco Compacto PVSC (Tabla 2).

Tabla 2.

Propiedades físicas del agregado fino reciclado (AFR)

Propiedad	Unidad	Valor
Humedad	%	7.40
PVSS	kg/m ³	1,591.00
PVSC	kg/m ³	1,655.00

Colorimetría: consiste en la saturación del material mediante la combinación de agua y una solución de hidróxido de sodio, según la ASTM C40 (ASTM, 2000). Transcurridas 24 horas, se observa la tonalidad adquirida por la solución, la cual actúa como un indicador de la presencia de materia orgánica. La presencia de estos compuestos puede comprometer tanto la estética como las

propiedades mecánicas de los productos fabricados, afectando su resistencia y durabilidad. Los resultados indican que no hay presencia de materia orgánica en el agregado (Figura 3).

Granulometría: El ensayo granulométrico es un procedimiento estandarizado utilizado para determinar la distribución de tamaños de las partículas en un agregado, evaluando su cumplimiento con los requisitos de la norma ASTM C33 (ASTM, 2000). Esta especificación define los límites granulométricos adecuados para agregados finos, garantizando su trabajabilidad, resistencia y durabilidad.

En la Figura 4 se muestra la curva granulométrica obtenida del AFR. Se observa que el agregado cumple con requerimientos de tamaños para ser empleado en la elaboración de concreto.

3.2.3. Diseño de mezclas de concreto

Se diseñaron dos mezclas de concreto, una Control (M1) y otra incorporando AFR (M2),

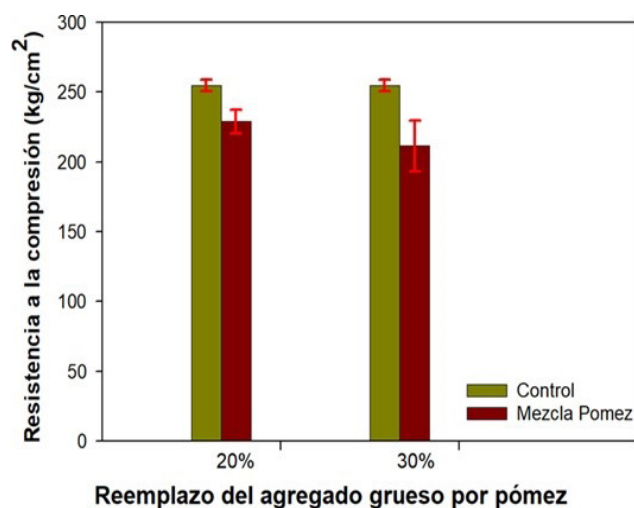
Figura 3.

Ensayo de colorimetría



Figura 4.

Curva granulométrica del agregado fino triturado (AFR)



para la producción de adoquines enteros de 10 cm clase A, según el método de volúmenes absolutos de ACI 211. La resistencia a la compresión de diseño requerida a los 28 días fue de 246.00 kg/cm².

Diseño de mezcla No. 1 (M1)

En la Tabla 3 se muestra la proporción de los materiales requeridos para la elaboración de la mezcla de concreto Control, usando material cero (3/16") como agregado fino.

Tabla 3.
Proporciones para la elaboración de 1m³ de
concreto de mezcla M1

Material	Unidad	Valor
Cemento HE	kg	64.00
Material cero (3/16")	kg	1,030.00
Grava triturada (1/2")	kg	90.00
Agua	kg	75.00

- *Diseño de mezcla No. 2 (M2)*

Se diseñó una mezcla de concreto empleando una dosificación de 230 kg por m³ de AFR para la producción de adoquines (Tabla 4).

Tabla 4.
Proporciones para la elaboración de 1m³ de
concreto con AFR (M2)

Material	Unidad	Valor
Cemento HE	kg	64.00
Material cero (3/16")	kg	830.00
Grava triturada (1/2")	kg	60.00
Agregado reciclado (AFR)	fino kg	230.00
Agua	kg	75.00

Para obtener la dosificación final de esta mezcla, se realizaron pruebas preliminares con una dosificación de 1,060 kg por bachada de AFR (100 % de reemplazo). Sin embargo, al momento de evaluar la apariencia del producto terminado, sin tener los resultados de resistencia a la compresión, esta no fue la óptima esperada. Presentaba segregaciones en el biselado del adoquín y una apariencia más rugosa que la habitual en la cara expuesta. Por lo tanto, para mejorar este resultado, se empleó una dosificación de 230 kg de reemplazo del agregado fino por AFR (22 % en peso del total del agregado fino).

3.2.4. Especímenes de concreto

Se elaboraron 20 especímenes de concreto (10 por cada mezcla), de tamaño de 150 mm de diámetro x 300 mm de altura, curados en húmedo hasta cada edad de prueba (Figura 5).

Se determinó la resistencia a la compresión por triplicado a los 3, 7 y 14 días de edad, empleando una prensa hidráulica marca PROETI, con capacidad de carga de 10,000

psi, según lo indicado en la norma ASTM C39 (ASTM, 2000). El cilindro restante de cada mezcla, sirvió como testigo para ensayos a edades tardías.

Figura 5.

Cilindros de concreto para ensayos a compresión



Resultados

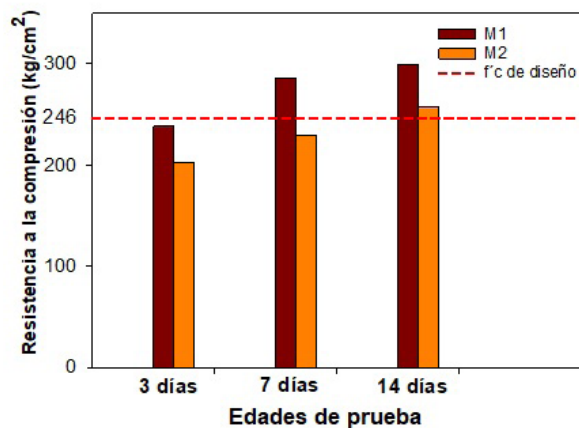
En la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de los especímenes a las tres edades de prueba. Se observa que los valores incrementan con la edad, tanto para la mezcla control (M1), como la que contiene AFR (M2).

A los 3 días de edad, todas las mezclas superaron el valor esperado de resistencia a la compresión de 98.00 kg/cm², que equivale al 40 % de la resistencia de diseño. La mezcla M1 obtuvo un 96 % de la resistencia de diseño (238.48 kg/cm²) y la M2 un 82 % (202.68 kg/cm²). A los 7 días de edad, la mezcla M1 superó la resistencia de diseño en un 16 % (285.66 kg/cm²), mientras que la M2 alcanzó un 93 % (229.76 kg/cm²).

A los 14 días de edad, todas las mezclas fueron mayores a la resistencia de diseño; siendo la M1 la que presentó el mayor valor, con un 21 % de resistencia mayor a la de diseño (299.16 kg/cm²), y la M2, en un 4 % (257 kg/cm²).

Figura 6.

Resistencia a la compresión de especímenes de concreto con relación a/c de 0.51, a los 3, 7 y 14 días de edad. Las barras de error indican una desviación estándar



Los resultados obtenidos indican que se puede emplear AFR como reemplazo parcial del agregado fino hasta un 22 % en peso, sin afectar las propiedades mecánicas y físicas de los elementos prefabricados. Esto es congruente con lo reportado por Aguilar et al., (2021), quienes reemplazaron en un 100 % la arena natural por arena reciclada de escombros de bloques, para la elaboración de concreto, alcanzando resistencias a la compresión mayores a 200 kg/cm². De manera general, esta práctica, contribuye positivamente con la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de agregado fino natural, contribuyendo, además, con la reducción de los costos de producción de la empresa.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye:

- El material granular fino (AFR) obtenido del proceso de trituración de elementos prefabricados como adoquines y bloques, presentó características físicas similares al del agregado natural.
- El análisis granulométrico indica que es adecuado para incorporarlo en la elaboración de mezclas de concreto.
- La resistencia a la compresión de la mezcla M2, en las tres edades de prueba, presentó un comportamiento similar al de la mezcla M1. La resistencia final obtenida, alcanzó la resistencia de diseño requerida para la fabricación de adoquines.
- El uso de AFR para la fabricación de materiales prefabricados, permite reducir el consumo de arena natural hasta en un 22 %, reduciendo, los costos de producción y el volumen de depósito de desechos en los vertederos municipales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los docentes de la Universidad Americana (UAM), que impartieron el diplomado en “Tecnología del concreto y sostenibilidad ambiental”, por todos los conocimientos compartidos y el apoyo brindado durante esta etapa de formación. También agradecen de manera especial al personal de la empresa CONCRENIC, por su apoyo con el acceso a las instalaciones y uso de los equipos de laboratorio, necesarios para la realización de los ensayos requeridos para este estudio.

Referencias

- Aguilar-Arriola, E. J., Hernández, E. F., Espinoza, P. A. (2021). Concreto reciclado a partir de escombros de mampostería de bloque de cemento. *Nexo Revista Científica*, 34(5), 7–19. <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i05.13099>
- ASTM. (2000). Annual Book of ASTM Standards, Section Four, Construction, Volume 04.2 Construction, Concrete and Aggregates. ASTM.
- Castro, Thiago Ewerton Cobra., Melo, Laura Vianade., Silva, Paulo Henriquez Vaz., Almeida, Fernando do Couto Rosa. (2025). Structural cementitious composites produced with fine recycled aggregate from concrete/ceramics wastes. *Ambiente Construido*, Vol. 25.
- Ceballos-Medina, S., González-Rincón, D. C., Sánchez, J. D. (2021). Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RC&D) generados en la Universidad del Valle sede Meléndez para la fabricación de adoquines. *Revista ION*, 34(1). <https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003>
- NTON. (2011). *Norma técnica obligatoria nicaragüense fabricación de bloques de concreto* (Issue 243, pp. 6946–6949). La Gaceta Diario Oficial.
- Pignotti, Gabriela Bertazzi., Ferreira, Fernanda Giannotti da Silva., Parsekian, Guilherme Aris. (2025). Properties of non-structural concrete block incorporating cementitious residue. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, Vol. 18 (6).

Silupú Elías, W., Flores Franco, J. E., Barrera

Gutiérrez, R. E., Reyna Pary, C. A. (2020).

Efecto de la utilización de agregados de concreto reciclado sobre el ambiente y la construcción de viviendas en la ciudad de Huamachuco. *Puriq*, 2(1), 16–27. <https://revistas.unah.edu.pe/index.php/puriq/article/view/68>

United Nations Environment Programme.

(2024). *Global waste management outlook 2024: Beyond an age of waste*. <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>

WU, H.; WANG, C.; MA, Z. (2022). Drying shrinkage, mechanical and transport properties of sustainable mortar with both recycled aggregate and powder from concrete waste. *Journal of Building Engineering*, v. 49, p. 104048.

Zhou, C.; Chen, Z. (2017). Mechanical properties of recycled concrete made with different types of coarse aggregate. *Construction and Building Materials*, v. 134, p. 497-506.

