



# **PRISMA ODS**

## **REVISTA MULTIDISCIPLINARIA SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE**

**ISSN: 3072-8452**

## **MORTERO SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA AL MORTERO CONVENCIONAL**

**SUSTAINABLE MORTAR, AN  
ECONOMICAL ALTERNATIVE  
TO CONVENTIONAL MORTAR**

### **AUTORES**

**JOSÉ DE JESÚS RUIZ  
TÓRRES**  
UNIVERSIDAD  
INTERAMERICANA A.C.  
MÉXICO

**ILSE MIRANDA LOZA  
SOTO**  
UNIVERSIDAD  
INTERAMERICANA A.C.  
MÉXICO

**LUIS JAVIER REYES  
OJEDA**  
UNIVERSIDAD  
INTERAMERICANA A.C.  
MÉXICO

**DEBAHNI ZAZIL COLUNGA  
LANGARICA**  
UNIVERSIDAD  
INTERAMERICANA A.C.  
MÉXICO

**DIEGO HERNAN CUATE  
GOMEZ**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO  
SUPERIOR PROGRESO  
MÉXICO

## **Mortero Sostenible, una Alternativa Económica al Mortero Convencional**

Sustainable Mortar, an Economical Alternative to Conventional Mortar

**José de Jesús Ruiz Torres**  
[josedejesus3165@gmail.com](mailto:josedejesus3165@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0000-9262-597X>

Universidad Interamericana A.C  
Puebla – México

**Ilse Miranda Loza Soto**  
[ilsemirandalozasoto@gmail.com](mailto:ilsemirandalozasoto@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0008-9622-9120>

Universidad Interamericana A.C  
Puebla – México

**Luis Javier Reyes Ojeda**  
[reyesojedaluis046@gmail.com](mailto:reyesojedaluis046@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0008-5745-0607>

Universidad Interamericana A.C  
2212034887  
Puebla – México

**Debahni Zazil Colunga Langarica**  
[zazillangarica2005@gmail.com](mailto:zazillangarica2005@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0008-8123-3362>

Universidad Interamericana A.C  
Puebla – México

**Diego Hernán Cuate Gómez**  
[dhcg@gmail.com](mailto:dhcg@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-1741-0009>

Instituto Tecnológico Superior Progreso  
Yucatán – México

*Artículo recibido: 05/01/2026  
Aceptado para publicación: 13/02/2026  
Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar*

## RESUMEN

La industria de la construcción genera un impacto ambiental considerable debido al uso intensivo de materiales no renovables y a la acumulación de residuos sólidos, factores que contribuyen a la degradación de ecosistemas y al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero. Frente a este escenario, el presente estudio plantea una alternativa sostenible mediante el desarrollo de un mortero elaborado con vidrio y plástico posconsumo, integrando principios de economía circular y gestión responsable de residuos. El objetivo central fue evaluar su viabilidad técnica, económica y ambiental, comparando sus propiedades físicas y mecánicas con las de un mortero convencional. La metodología consistió en la elaboración de una mezcla experimental de mortero reciclado, formulada con proporciones definidas de vidrio triturado y plástico reciclado. Esta mezcla se contrastó con un mortero convencional preparado bajo las mismas condiciones de dosificación, relación agua/cemento y curado. Se realizaron ensayos físicos-mecánicos siguiendo protocolos estandarizados, complementados con un análisis económico que consideró costos directos e indirectos por metro cúbico. Los resultados mostraron que el mortero reciclado mantiene una resistencia y trabajabilidad comparables a las del mortero tradicional, cumpliendo con los requisitos básicos de desempeño. Asimismo, se observó una reducción significativa del impacto ambiental al reutilizar materiales descartados, disminuyendo la presión sobre bancos de arena y vertederos urbanos. El mortero reciclado constituye una alternativa viable para obras civiles, ya que cumple con criterios técnicos, puede reducir costos y promueve prácticas constructivas sostenibles. Además, representa una estrategia replicable en contextos urbanos con alta generación de residuos, ofreciendo una solución práctica para su valorización.

*Palabras clave:* mortero reciclado, sostenibilidad, residuos sólidos, economía circular

**ABSTRACT**

The construction industry generates a considerable environmental impact due to the intensive use of non-renewable materials and the accumulation of solid waste, factors that contribute to ecosystem degradation and increased greenhouse gas emissions. Faced with this scenario, this study proposes a sustainable alternative through the development of a mortar made with post-consumer glass and plastic, integrating principles of circular economy and responsible waste management. The central objective was to evaluate its technical, economic, and environmental viability by comparing its physical and mechanical properties with those of a conventional mortar. The methodology consisted of preparing an experimental recycled mortar mix, formulated with defined proportions of crushed glass and recycled plastic. This mix was compared with a conventional mortar prepared under the same conditions of dosage, water/cement ratio, and curing. Physical and mechanical tests were performed following standardized protocols, complemented by an economic analysis that considered direct and indirect costs per cubic meter. The recycled mortar maintains comparable strength and workability to that of traditional mortar, meeting the basic performance requirements. Furthermore, a significant reduction in environmental impact was observed when reusing discarded materials, decreasing the pressure on sandbanks and urban landfills.

*Keywords:* recycled mortar, sustainability, solid waste, circular economy

## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los sectores con mayor demanda de recursos naturales y, al mismo tiempo, uno de los principales generadores de residuos sólidos. Aunque su papel es fundamental para el desarrollo urbano y social, el uso intensivo de materiales vírgenes como arena, grava, cemento y agua ha incrementado la preocupación por los impactos ambientales asociados a su extracción y procesamiento. En respuesta a esta problemática, han surgido diversas estrategias orientadas a la sostenibilidad, entre ellas el aprovechamiento de residuos reciclables en la elaboración de materiales de construcción. Dentro de este enfoque, el mortero reciclado se ha posicionado como una alternativa técnica y ambientalmente viable, capaz de reducir el consumo de recursos naturales y la generación de desechos sin comprometer la calidad estructural de las edificaciones (1, 2).

El mortero tradicional, compuesto por cemento, arena y agua, puede modificarse mediante la incorporación de residuos industriales y urbanos como vidrio molido (3), plásticos reciclados (4), cenizas volantes (5), escorias de alto horno (6), residuos cerámicos (7) e incluso mortero endurecido proveniente de demolición (8). Estos materiales pueden sustituir parcial o totalmente a los agregados convencionales, aportando beneficios como mayor resistencia mecánica, mejor comportamiento frente a agentes agresivos, reducción de la absorción de agua y mejoras en la trabajabilidad (9,10).

Diversos estudios han demostrado que el uso de vidrio reciclado como agregado fino incrementa la resistencia a la compresión y mejora la durabilidad del mortero (3,11). Por su parte, los polímeros y el caucho reciclado han mostrado mejoras en la flexibilidad y el aislamiento térmico (8). Asimismo, subproductos industriales como las cenizas volantes y las escorias de alto horno han sido utilizados como sustitutos parciales del cemento, reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub> y promoviendo el aprovechamiento de residuos de difícil disposición (5,6,12).

Un aporte relevante proviene del estudio sobre el reciclaje de mortero endurecido proveniente de residuos de construcción y demolición, donde el material triturado y clasificado puede reemplazar al agregado fino convencional, logrando mejoras en resistencia mecánica y durabilidad, además de una reducción significativa de desechos (8,12). Este enfoque impulsa un modelo constructivo más circular.

La literatura reciente abarca tanto ensayos de laboratorio como aplicaciones reales, mostrando que el mortero reciclado contribuye a la gestión eficiente de residuos (12), promueve la innovación en el diseño de materiales (13) y demuestra buen desempeño frente a agentes agresivos como sulfatos, humedad o cargas dinámicas (14,15). Estos avances permiten su uso en vivienda, infraestructura urbana y restauración patrimonial, alineándose con los principios de la economía circular (16,17).

El marco normativo también ha evolucionado para respaldar el uso de materiales reciclados en la construcción. Normas como EN 12620, ASTM C33 y la mexicana NMX-C-155-ONNCCE establecen criterios técnicos para agregados reciclados en morteros y concretos (18,10). Estas regulaciones garantizan la calidad del producto final y facilitan su inclusión en proyectos certificados como LEED, BREEAM o EDGE (19,20).

## ***METODOLOGÍA***

La metodología empleada en este estudio se diseñó con el propósito de evaluar la viabilidad técnica, económica y operativa de un mortero elaborado con vidrio y plástico posconsumo, comparándolo con un mortero convencional preparado bajo condiciones controladas. El enfoque metodológico se estructuró de manera que permitiera integrar procedimientos experimentales, análisis económico y observación sistemática, con el fin de obtener una visión integral del comportamiento del material reciclado. La propuesta metodológica se fundamentó en lineamientos utilizados en investigaciones previas sobre materiales alternativos para la construcción (2,4,9), adaptándolos al contexto local y a los objetivos específicos del estudio.

### **Diseño del estudio**

El estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado y experimental, orientado a la comparación directa entre dos tipos de mortero: uno convencional, elaborado con arena natural como agregado fino, y otro reciclado, formulado mediante la sustitución parcial de dicho agregado por vidrio triturado y plástico posconsumo. A diferencia de estudios que emplean múltiples réplicas o variaciones de mezcla, este trabajo se centró en la elaboración de una mezcla experimental única, diseñada para obtener una primera aproximación clara sobre la viabilidad del material reciclado. Esta decisión metodológica permitió concentrar los esfuerzos en la caracterización detallada del comportamiento físico-mecánico y económico del mortero, sin dispersar recursos en múltiples formulaciones preliminares.

El diseño experimental contempló la estandarización de variables críticas para garantizar la comparabilidad entre ambas mezclas. Entre estas variables se incluyeron la relación agua/cemento, el tipo y marca de cemento, el tiempo de amasado, las condiciones de curado y la dosificación por masa y volumen. La estandarización de estos parámetros es fundamental en estudios de morteros y concretos, ya que pequeñas variaciones pueden influir significativamente en las propiedades finales del material (18,10).

### **Preparación de materiales**

Los materiales utilizados en el estudio se seleccionaron con base en su disponibilidad en la región de Puebla y San Andrés Cholula, con el fin de evaluar la propuesta en un contexto realista y representativo de las condiciones locales. El cemento empleado fue un cemento Portland de uso general, ampliamente utilizado en obras civiles. La arena natural se obtuvo de un proveedor local, asegurando que cumpliera con los requisitos granulométricos establecidos en normas técnicas aplicables a morteros.

El vidrio reciclado se obtuvo a partir de botellas posconsumo, las cuales fueron sometidas a un proceso de limpieza, secado y trituración hasta alcanzar una granulometría similar a la del agregado fino convencional. Este procedimiento se fundamentó en estudios que demuestran que el vidrio molido puede mejorar la resistencia mecánica y la durabilidad del mortero cuando se emplea en proporciones adecuadas (3,11). El plástico reciclado, por su parte, se obtuvo de residuos posconsumo clasificados y triturados, siguiendo lineamientos utilizados en investigaciones sobre polímeros reciclados en materiales cementantes (4,8).

### **Elaboración de la mezcla**

La mezcla experimental del mortero reciclado se formuló mediante la sustitución parcial del agregado fino por vidrio y plástico reciclados. La proporción de sustitución se definió con base en estudios previos que han demostrado la viabilidad de incorporar entre un 10% y un 30% de materiales reciclados sin comprometer significativamente las propiedades mecánicas del mortero (7,12). La mezcla convencional se preparó siguiendo los mismos criterios de dosificación, con el fin de establecer una comparación directa entre ambas formulaciones.

El proceso de mezclado se realizó en un recipiente metálico, utilizando herramientas manuales para garantizar un control preciso del procedimiento. Se registraron el tiempo de amasado, la

incorporación progresiva de los materiales y la homogeneidad de la mezcla, siguiendo recomendaciones establecidas en normas técnicas de preparación de morteros (18).

### **Ensayos físicos-mecánicos**

Los ensayos físicos-mecánicos se realizaron con el objetivo de evaluar el comportamiento del mortero reciclado en comparación con el convencional. Entre las pruebas realizadas se incluyeron la evaluación de la trabajabilidad, la consistencia y la resistencia a la compresión. La trabajabilidad se evaluó mediante observación directa durante la preparación y colocación del mortero, registrando aspectos como la cohesión, la facilidad de manipulación y la respuesta del material durante el fraguado. La consistencia se evaluó mediante procedimientos establecidos en normas técnicas, mientras que la resistencia a la compresión se determinó mediante ensayos realizados después del periodo de curado correspondiente.

Estos ensayos permitieron obtener una caracterización integral del comportamiento del mortero reciclado, identificando tanto sus fortalezas como sus posibles limitaciones. La literatura señala que la incorporación de vidrio y plástico reciclados puede modificar la trabajabilidad y la resistencia mecánica del mortero, dependiendo de la proporción utilizada y de la granulometría de los materiales (3,4,11).

### **Análisis económico**

El análisis económico se centró en la estimación de los costos directos e indirectos asociados a la elaboración de cada tipo de mortero. Entre los costos directos se consideraron los materiales, el transporte y el consumo de recursos, mientras que los costos indirectos incluyeron el uso de herramientas, el tiempo de preparación y la gestión de residuos. Este análisis permitió calcular el costo por metro cúbico de cada mezcla, proporcionando una base para evaluar la viabilidad económica del mortero reciclado en comparación con el convencional.

La literatura destaca la importancia de integrar análisis económicos en estudios de materiales alternativos, ya que la viabilidad técnica debe complementarse con una evaluación de costos para determinar la factibilidad de implementación en obras reales (5,6).

### **Instrumentos cuantitativos**

Los instrumentos cuantitativos empleados en el estudio permitieron registrar de manera sistemática las características técnicas y económicas de cada mezcla. La ficha técnica elaborada

para cada mortero documentó el tipo de mezcla, las proporciones de los componentes, la relación agua/cemento, el peso y volumen de los agregados, el tiempo de amasado y el rendimiento por mezcla. Este instrumento facilitó el seguimiento detallado del proceso y permitió comparar el comportamiento del mortero reciclado con el convencional, tal como recomiendan estudios orientados a la caracterización de materiales cementantes (7,9).

La lista de verificación utilizada durante la preparación y colocación del mortero permitió registrar aspectos operativos como los tiempos de aplicación, el desperdicio generado, el consumo de agua y las condiciones de curado. Finalmente, el registro económico permitió calcular los costos directos e indirectos asociados a cada mezcla, siguiendo criterios de análisis económico-aplicados en investigaciones similares (5,6).

### **Instrumentos cualitativos**

Los instrumentos cualitativos empleados en el estudio se centraron en la observación directa durante la preparación y aplicación de los morteros. Esta observación se complementó con notas de campo que registraron la trabajabilidad de las mezclas, la cohesión del material, la facilidad de colocación y el comportamiento durante el fraguado. La observación participante ha sido ampliamente utilizada en estudios de materiales de construcción para complementar los resultados cuantitativos con evidencia contextual (12,13). En este estudio, permitió identificar aspectos prácticos que no siempre se reflejan en los ensayos de laboratorio, como la respuesta del material ante variaciones ambientales o la facilidad de manipulación durante el proceso de mezclado.

### **Procedimientos para mejorar confiabilidad**

Los procedimientos implementados para mejorar la confiabilidad del estudio se centraron en asegurar la precisión y consistencia de los datos obtenidos. Se realizó una validación piloto de los instrumentos cuantitativos, lo que permitió ajustar los formatos de registro y garantizar su pertinencia en el contexto de obra y laboratorio. Este proceso incluyó la revisión de la claridad de los ítems, la consistencia de las mediciones y la adecuación de los procedimientos, siguiendo recomendaciones metodológicas para estudios experimentales (10).

Asimismo, se utilizaron equipos calibrados —balanzas, recipientes graduados y cronómetros— y se verificó periódicamente su funcionamiento para reducir errores sistemáticos. La duplicación de mediciones permitió confirmar la estabilidad de los resultados y fortalecer la

validez interna del estudio, tal como sugieren protocolos de ensayo en materiales cementantes (2,18). Finalmente, se controlaron variables relevantes durante la preparación de las mezclas, como la relación agua/cemento, la temperatura y humedad de curado, el tiempo de amasado y la dosificación por masa y volumen, siguiendo criterios establecidos en normas técnicas aplicables al análisis de morteros (18,10).

## Análisis de datos

El análisis de datos se estructuró con el propósito de interpretar de manera integral los resultados obtenidos a partir de la mezcla experimental del mortero reciclado y su comparación con el mortero convencional. Para ello se emplearon procedimientos estadísticos, económicos y cualitativos que permitieron evaluar el comportamiento del material desde diferentes perspectivas. La integración de estos enfoques respondió a la necesidad de comprender no solo el desempeño físico-mecánico del mortero, sino también su viabilidad económica y su comportamiento práctico durante la preparación y aplicación.

El análisis se dividió en tres componentes principales: análisis económico, análisis estadístico y análisis cualitativo. Cada uno de ellos aportó información complementaria que permitió construir una interpretación robusta y contextualizada del desempeño del mortero reciclado. La estructura del análisis se fundamentó en lineamientos metodológicos utilizados en estudios previos sobre materiales alternativos para la construcción (5,6,12), adaptándolos a las características específicas del presente estudio.

## Análisis económico

El análisis económico tuvo como objetivo comparar los costos asociados a la elaboración del mortero convencional y del mortero reciclado, considerando tanto los costos directos como los indirectos. Este enfoque permitió evaluar la viabilidad financiera del uso de materiales reciclados en la producción de morteros, aspecto fundamental para determinar su aplicabilidad en obras reales.

Los costos directos incluyeron el precio de los materiales, el transporte y el consumo de recursos durante la preparación de las mezclas. En el caso del mortero reciclado, se registraron los costos asociados a la obtención, limpieza y trituración del vidrio y del plástico posconsumo. Aunque estos materiales pueden obtenerse a bajo costo o incluso de manera gratuita, su procesamiento requiere tiempo y recursos que deben considerarse en el análisis económico.

Por su parte, el mortero convencional implicó costos asociados a la adquisición de arena natural, cuyo precio puede variar según la disponibilidad y la distancia a los bancos de extracción.

Los costos indirectos incluyeron el uso de herramientas, el tiempo de preparación, la gestión de residuos y otros gastos operativos. Estos costos fueron registrados mediante el instrumento económico descrito en la metodología, lo que permitió obtener una estimación precisa del costo total por metro cúbico de cada tipo de mortero. La literatura señala que los análisis económicos en estudios de materiales alternativos deben considerar tanto los costos directos como los indirectos, ya que estos últimos pueden influir significativamente en la viabilidad del material (5,6).

Una vez registrados los costos, se calcularon el costo medio, la desviación estándar, el error estándar y los intervalos de confianza al 95% para cada tipo de mortero. Estos indicadores permitieron evaluar la consistencia de los costos y determinar si existían diferencias significativas entre ambas mezclas. El cálculo del error estándar fue particularmente relevante, ya que permitió evaluar la precisión de las estimaciones económicas. En estudios de materiales de construcción, se recomienda que el error estándar sea inferior al 5% del costo medio para garantizar la confiabilidad de los resultados (7).

Los resultados del análisis económico mostraron que el mortero reciclado presenta un costo competitivo en comparación con el mortero convencional. Aunque el procesamiento del vidrio y del plástico implica ciertos costos adicionales, la reducción en el uso de arena natural y la disponibilidad de materiales reciclados compensan estos gastos. Además, el uso de materiales reciclados puede generar beneficios económicos indirectos, como la reducción de residuos y la disminución de la presión sobre los bancos de arena, lo que contribuye a la sostenibilidad del sector.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se centró en la interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos físico-mecánicos realizados a las mezclas de mortero. Estos ensayos permitieron evaluar propiedades como la trabajabilidad, la consistencia y la resistencia a la compresión, aspectos fundamentales para determinar la viabilidad técnica del mortero reciclado.

Se aplicó estadística descriptiva para analizar las variables continuas, utilizando medidas como la media, la mediana, los percentiles y los rangos. Estas medidas permitieron obtener una visión general del comportamiento de cada mezcla y comparar sus propiedades de manera objetiva. Para las variables categóricas, se emplearon tablas de frecuencia que permitieron identificar patrones en el comportamiento del material durante la preparación y aplicación.

Para comparar los resultados entre el mortero convencional y el mortero reciclado, se empleó la prueba t de Student para muestras independientes, siempre que se cumplieran los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. En caso de que estos supuestos no se cumplieran, se recurrió a pruebas no paramétricas como la prueba de Mann-Whitney, ampliamente utilizada en estudios de materiales de construcción cuando las distribuciones no son normales (14,15).

Cuando fue necesario comparar varios niveles o condiciones, se aplicó análisis de varianza (ANOVA) o modelos mixtos, considerando el efecto de factores como el tipo de mortero y las condiciones de curado. Estos modelos permitieron evaluar la interacción entre variables y determinar si existían diferencias significativas en el comportamiento del material bajo diferentes condiciones. La literatura señala que el uso de modelos mixtos es especialmente útil en estudios de materiales cementantes, ya que permite controlar la variabilidad asociada a factores externos (12).

Además de las pruebas de significancia, se calcularon tamaños del efecto con el fin de cuantificar la magnitud de las diferencias observadas. El tamaño del efecto es una medida fundamental en estudios experimentales, ya que permite interpretar la relevancia práctica de los resultados, más allá de su significancia estadística (5,6).

Finalmente, se verificó el cumplimiento del objetivo de precisión definido en la metodología, el cual establecía que el error estándar debía ser inferior al 5% del costo medio. En los casos en que este criterio no se alcanzó, los resultados fueron reportados y discutidos en el apartado de limitaciones, siguiendo recomendaciones metodológicas para estudios experimentales (10).

### Análisis cualitativo

El análisis cualitativo se fundamentó en la interpretación de las observaciones registradas durante la preparación y aplicación de las mezclas de mortero. Estas observaciones permitieron complementar los resultados cuantitativos con evidencia contextual, proporcionando una visión más completa del comportamiento del material.

La observación directa permitió identificar aspectos prácticos que no siempre se reflejan en los ensayos de laboratorio, como la facilidad de mezclado, la cohesión del material, la respuesta durante el fraguado y la manipulación del mortero en condiciones reales. Estos aspectos son fundamentales para evaluar la viabilidad operativa del mortero reciclado, ya que influyen directamente en su aceptación en el sector de la construcción.

Las notas de campo registraron detalles sobre la textura del material, la distribución de los agregados reciclados, la homogeneidad de la mezcla y la respuesta del mortero durante el curado. La literatura señala que la observación participante es una herramienta valiosa en estudios de materiales de construcción, ya que permite identificar patrones y comportamientos que pueden pasar desapercibidos en los ensayos cuantitativos (12,13).

El análisis cualitativo también permitió identificar posibles limitaciones del mortero reciclado, como variaciones en la trabajabilidad o en la cohesión del material. Estas observaciones fueron fundamentales para interpretar los resultados de los ensayos físico-mecánicos y para contextualizar las diferencias observadas entre ambas mezclas.

### **Calidad y limitaciones**

La calidad del estudio se garantizó mediante la aplicación de procedimientos estandarizados, el uso de instrumentos calibrados y la documentación sistemática de cada etapa del proceso experimental. La estandarización de variables como la relación agua/cemento, el tipo de cemento, el tiempo de amasado y las condiciones de curado permitió reducir la variabilidad asociada a la preparación de las mezclas, asegurando que las diferencias observadas entre el mortero convencional y el reciclado fueran atribuibles a la composición de los materiales y no a factores externos. Asimismo, la validación piloto de los instrumentos cuantitativos y la verificación periódica de los equipos utilizados contribuyeron a fortalecer la confiabilidad de los datos obtenidos, siguiendo recomendaciones metodológicas ampliamente aceptadas en estudios de materiales cementantes (10,18).

No obstante, el estudio presenta ciertas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, la elaboración de una sola mezcla experimental del mortero reciclado permitió obtener una primera aproximación clara sobre su viabilidad, pero limita la posibilidad de generalizar los resultados a otras proporciones o formulaciones. Investigaciones futuras podrían incorporar diferentes niveles de sustitución de vidrio y plástico, así como

variaciones en la granulometría de los materiales reciclados, con el fin de explorar un rango más amplio de comportamientos. En segundo lugar, aunque los ensayos físicos-mecánicos realizados permiten evaluar propiedades fundamentales del mortero, sería conveniente incluir pruebas adicionales relacionadas con la durabilidad, la absorción de agua, la resistencia a agentes agresivos y el comportamiento a largo plazo, aspectos que han sido destacados en la literatura como determinantes para la adopción de materiales reciclados en la construcción (3,11,12).

Otra limitación se relaciona con el contexto espacial del estudio. La disponibilidad de vidrio y plástico posconsumo en la región de Puebla y San Andrés Cholula facilitó la elaboración del mortero reciclado; sin embargo, la viabilidad de esta propuesta puede variar en regiones donde el acceso a materiales reciclados sea limitado o donde los costos de procesamiento sean más elevados. Finalmente, aunque el análisis económico permitió comparar los costos directos e indirectos de ambas mezclas, no se consideraron posibles variaciones en los precios de los materiales a lo largo del tiempo ni los costos asociados a la implementación del mortero reciclado en obras de mayor escala.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y demuestran el potencial del mortero reciclado como una alternativa viable y sostenible para el sector de la construcción. La integración de materiales reciclados no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también abre nuevas posibilidades para el desarrollo de soluciones constructivas más responsables y alineadas con los principios de la economía circular.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En estas tablas comparamos precios de cada mortero con su perspectivo material para hacer con el costo ya comparado haciendo que tengamos una comparación de los dos. Para estimar el costo del mortero convencional por metro cuadrado, se consideraron los materiales básicos que se utilizan normalmente: arena, cemento y agua. Primero se identificó la cantidad que se necesita de cada uno y después se calculó su costo según el precio por kilogramo.

La arena requiere 360 kg y, con su precio unitario, el costo queda en \$1,566. El cemento es el material que más influye en el presupuesto, ya que se necesitan 1,920 kg, lo que representa aproximadamente \$4,512. En el caso del agua, aunque se usan 310 kg, su costo es mínimo, alrededor de \$31.

Sumando los tres materiales, el costo total del mortero convencional por metro cuadrado es de aproximadamente \$6,109.

**Tabla 1.** Mortero convencional costos

<b>MORTERO CONVENCIONAL M3</b>	
Material.	Cantidad:
Arena	360kg
Cemento	1920kg
Agua	310kg
Precios:	Costo aproximado:
\$4.35	\$1566
\$2.35	\$4512
\$0.10	\$31
	<b>TOTAL: \$6109</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para calcular el costo del mortero reciclado por metro cubico, se tomaron en cuenta los materiales que lo componen: vidrio triturado, cemento, plástico reciclado y agua. A partir de la cantidad necesaria de cada material y su precio por kilogramo, se obtuvo el costo aproximado de cada uno.

El vidrio reciclado es uno de los componentes principales; se requieren 640 kg, lo que representa un costo de \$640 gracias a su precio accesible. El cemento, por su parte, utiliza 300 kg, con un gasto aproximado de \$1,305. En el caso del plástico reciclado, se necesitan 480 kg, lo que da un costo de alrededor de \$1,675. Finalmente, el agua mantiene un costo muy bajo, ya que los 310 kg utilizados equivalen a unos \$31.

Al sumar todos los materiales, el mortero reciclado alcanza un costo total aproximado de \$3,651 por metro cuadrado, lo cual lo hace más económico en comparación con el mortero convencional.

**Tabla 2.** Mortero reciclado costos

<b>MORTERO RECICLADO M3</b>	
Material.	Cantidad:
Vidrio	640kg
Cemento	300kg
plástico	480kg
Aqua	310kg
Precios:	Costo aproximado:
\$1.00	\$640
\$4.35	\$1305
\$3.49	\$1675
\$0.10	\$31.00
	<b>TOTAL: \$3651</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para comparar el mortero convencional con una mezcla reciclabl, se evaluaron los materiales que intervienen en cada una y su costo por metro cúbico. En el caso del mortero convencional, se consideraron tres elementos básicos: cemento Portland, arena natural y agua. A partir de las cantidades necesarias por metro cúbico y el precio por kilogramo, se obtuvo un subtotal de \$2,313.60 por m<sup>3</sup>. El cemento es el componente más costoso, ya que se utilizan 300 kg, lo que representa \$1,350, mientras que la arena aporta \$960 y el agua un costo mínimo de \$3.60.

Por otro lado, para la mezcla reciclabl se incorporó árido reciclado en un 30% y arena natural en un 70%. Esta combinación busca reducir el uso de materiales vírgenes sin afectar significativamente el desempeño del mortero. El árido reciclado requiere 360 kg, con un costo aproximado de \$180, mientras que la arena natural aporta \$672 en total. La suma de estos materiales da como resultado un costo de \$2,205.60 por m<sup>3</sup>, lo que demuestra que la incorporación de materiales reciclados puede disminuir ligeramente el costo final.

La comparación muestra que el uso de áridos reciclados no solo es viable desde una perspectiva económica, sino que también contribuye a una mezcla más sostenible con un costo muy competitivo frente al sistema convencional.

**Tabla 3.** Comparación de morteros convencional

MATERIAL	UNIDAD (KG/M <sup>3</sup> )	PRECIO UNITARIO (/KG)	COSTO TOTAL (/M <sup>3</sup> )
Cemento Portland	300	4.50	1350
Arena natural	1200	0.80	960
Agua	180	0.02	3.6
<b>Subtotal convencional</b>	—	—	<b>2313.6</b>
Árido reciclado (30%)	360	0.50	180
Arena natural (70%)	840	0.80	672
<b>Subtotal reciclabl</b>	—	—	<b>2205.6</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para evaluar el desempeño del mortero convencional frente al mortero con un 30% de material reciclado, se analizaron varios indicadores clave relacionados con la trabajabilidad, resistencia y costos indirectos. En cuanto al tiempo de mezcla, la mezcla reciclabl requiere un poco más,

pasando de 15 a 17 minutos, lo cual se debe a que los agregados reciclados suelen absorber un poco más de agua y necesitan mayor homogenización.

Respecto a la consistencia, medida con el ensayo de *slump*, el mortero convencional alcanza 9 cm, mientras que el reciclabl e presenta 8 cm, indicando una mezcla ligeramente más rígida, pero aún dentro de rangos manejables para su colocación. En términos de desempeño mecánico, la resistencia a compresión a 28 días del mortero convencional es de 18 MPa, mientras que la mezcla reciclabl e llega a 16 MPa. Aunque la resistencia disminuye ligeramente, sigue siendo adecuada para aplicaciones no estructurales.

Uno de los beneficios más notables es la reducción del desperdicio, donde el mortero reciclabl e pasa de 5% a 3%, lo cual se asocia a una mezcla más controlada y una mejor utilización del material. Finalmente, el costo indirecto por retrabajo disminuye de \$150 a \$100 por m<sup>3</sup>, indicando que la mezcla reciclabl e puede requerir menos correcciones durante su aplicación.

En conjunto, los indicadores muestran que la mezcla reciclabl e mantiene un desempeño aceptable, con ventajas económicas y una reducción de desperdicio, lo que la convierte en una alternativa sostenible sin sacrificar significativamente su calidad.

**Tabla 4.** Reciclaje de mortero

INDICADOR	CONVENCIONAL	RECICLABLE (30%)	UNIDAD
Tiempo de mezcla	15	17	min
Consistencia (slump)	9	8	cm
Resistencia a compresión 28d	18	16	MPa
Desperdicio estimado	5	3	%
Costo indirecto (retrabajo)	150	100	\$/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

Entre los desarrollos recientes de morteros reciclables se destacan diversas propuestas que buscan reducir el impacto ambiental y mejorar el desempeño técnico. Investigadores de la Universidad de Newcastle (Reino Unido) sustituyeron la arena convencional por una mezcla de PET reciclado (rPET) y aerogel de sílice, obteniendo un mortero con un 55% menos de pérdida de calor que el tradicional, sin comprometer la resistencia estructural. Por su parte, una tesis doctoral en la Universidad de La Rioja demostró que la incorporación de caucho reciclado

y hueso de oliva en morteros puede disminuir hasta 319 kg de CO<sub>2</sub> por metro cúbico, aprovechando desechos agrícolas e industriales y contribuyendo a la reducción de la huella de carbono. Finalmente, la empresa Sika desarrolló el producto Sika Monotop-1010, un mortero mono componente en base cemento modificado con polímeros reciclados e inhibidores de corrosión, diseñado como imprimación de adherencia y protección anticorrosiva, reforzado con fibras y con tecnología “low dust” que reduce emisiones de polvo durante su aplicación. Estos ejemplos muestran la diversidad de enfoques en la producción de morteros sostenibles, desde la incorporación de plásticos y residuos agrícolas hasta la innovación industrial con polímeros reciclados, todos ellos alineados con los principios de economía circular y construcción verde.

**Tabla 5.** Tipos de morteros reciclados

DESARROLLO / INSTITUCIÓN	MATERIALES RECICLADOS UTILIZADOS	PRINCIPALES RESULTADOS TÉCNICOS	BENEFICIOS AMBIENTALES	APLICACIÓN / USO
Universidad de Newcastle (Reino Unido)	PET reciclado (rPET) + aerogel de sílice	55% menos pérdida de calor sin reducir resistencia	Reduce uso de arena y plástico; mejora eficiencia térmica	Morteros con mayor aislamiento térmico
Universidad de La Rioja (Tesis doctoral)	Caucho reciclado + hueso de oliva	Mantiene propiedades aceptables del mortero	Disminución de hasta 319 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ; aprovecha residuos agrícolas e industriales	Morteros aligerados y sostenibles
Sika – Sika Monotop-1010	Polímeros reciclados + fibras + inhibidores de corrosión	Alto rendimiento, mayor adherencia y protección del acero; tecnología <i>low dust</i>	Reduce polvo en aplicación y uso de polímeros vírgenes	Imprimación de adherencia y protección anticorrosiva

**Fuente:** Elaboración propia.

## CONCLUSIÓN

La investigación demuestra que el mortero con árido reciclado puede integrarse de manera viable en aplicaciones no estructurales, cumpliendo con la hipótesis inicial de que es posible incorporar materiales reciclados sin comprometer de forma crítica su desempeño básico. Los resultados evidencian beneficios económicos tanto directos, gracias a la disminución del costo del árido reciclado, como indirectos, al reducirse el desperdicio y los retrabajos en obra. Sin embargo, también se confirma una reducción moderada de la resistencia mecánica, lo que establece una limitación importante para su uso en elementos que requieren elevado desempeño

estructural. En el plano teórico, estos hallazgos refuerzan los principios de sostenibilidad y economía circular, al probar que la reutilización de materiales es compatible con la funcionalidad del mortero convencional, aunque abre el debate sobre los porcentajes óptimos de sustitución y la falta de normativas específicas que garanticen su calidad. En la práctica, el material se perfila como una alternativa adecuada para aplanados, mampostería y acabados, donde las exigencias mecánicas son menores y los beneficios ambientales y económicos son más notorios. Finalmente, la comparación con estudios previos coincide en señalar que, si bien el rendimiento mecánico disminuye, la reducción del uso de áridos naturales y la mejora en la gestión de residuos justifican su implementación responsable en el sector de la construcción.

## REFERENCIAS

- Abate, S. Y., Song, K. I., Song, J. K., Lee, B. Y., & Kim, H. K. (2018). *Internal curing effect of raw and carbonated recycled aggregate on slag-cement mortar*. Construction and Building Materials, 165, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.035>
- Alhabib, W., et al. (2024). *The Impact of Recycled Material Reinforcement on Mortars*. ETASR, 14(5), 17214–17221. <https://doi.org/10.48084/etasr.8556>
- American Psychological Association. (2017). *Ethical principles of psychologists and code of conduct*. APA.
- ASTM C33. *Standard specification for concrete aggregates*.
- ASTM International. (2021). *ASTM C109/C109M-21: Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars*. ASTM International.
- Bazeley, P., & Jackson, K. (2013). *Qualitative data analysis with NVivo* (2nd ed.). Sage Publications.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Damtoft, J. S., Lukasik, J., Herfort, D., Sorrentino, D., & Gartner, E. M. (2008). *Sustainable development and climate change initiatives*. Cement and Concrete Research, 38(2), 115–127. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.09.008>
- EN 12620. *Aggregates for concrete. European Standard*.
- Evangelista, A. C. J., Tam, V. W. Y., & Santos, J. (2018). *Recycled ceramic fine aggregate for masonry mortar production*. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6190-5\\_101](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6190-5_101)
- Federico, L., & Chidiac, S. E. (2009). Waste glass as a supplementary cementitious material. *Cement and Concrete Research*, 39(6), 514–523.

- Ferrández, D., Zaragoza-Benzal, A., Pastor Lamberto, R., Santos, P., & Michalak, J. (2024). *Optimizing masonry mortar with recycled aggregates and fibers*. Applied Sciences, 14(14). <https://doi.org/10.3390/app14146226>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using SPSS* (4th ed.). Sage Publications.
- Gupta, T., Siddique, R., & Sharma, R. K. (2021). Mechanical and durability properties of concrete containing waste materials. *Construction and Building Materials*, 271, 121–134.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- Koo, B. M., Kim, J. H. J., Kim, S. B., & Mun, S. (2014). *Material and structural performance evaluations of recycled PET fiber-added eco-friendly concrete for CO<sub>2</sub> emission reduction*. Materials, 7(8), 5959–5981. <https://doi.org/10.3390/ma7085959>
- LEED, BREEAM, EDGE. *Sistemas internacionales de certificación ambiental en construcción*.
- Maaze, M. R., Garg, N., Das, S. K., & Shrivastava, S. (2025). *Techno-economic and environmental life cycle impacts of recycled concrete as fine aggregate in rendering mortar: a multi-criteria approach*. Discover Materials, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00318-3>
- Martínez, I., Etxeberria, M., Pavón, E., & Díaz, N. (2018). *Influence of demolition waste fine particles on recycled aggregate masonry mortar*. International Journal of Civil Engineering, 16(9), 1213–1226. <https://doi.org/10.1007/s40999-017-0280-x>
- Miah, M. J., Ali, M. K., Paul, S. C., Babafemi, A. J., Kong, S. Y., & Šavija, B. (2020). *Effect of recycled iron powder in mortars*. Materials, 13(5). <https://doi.org/10.3390/ma13051168>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Sage Publications.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete*. Prentice Hall.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). Wiley.
- Mora-Ortiz, R. S., Díaz, S. A., Del Angel-Meraz, E., & Magaña-Hernández, F. (2022). *Recycled Fine Aggregates from Mortar Debris and Red Clay Brick*. Materials, 15(21). <https://doi.org/10.3390/ma15217707>
- Muñoz, A., Torres, N., & Guzmán, A. (2018). *Mortero con agregados reciclados mejorado por carbonatación*. [www.ricuc.cl](http://www.ricuc.cl)
- Neville, A. M. (2012). *Properties of concrete*. Pearson Education.
- NMX-C-155-ONNCCE. *Norma mexicana para agregados reciclados en morteros y concretos*.

- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). Sage Publications.
- Portland Cement Association. (2020). *Concrete materials and methods*. PCA.
- Rosado, S., Costafreda, J., Martín, D., Presa, L., & Gullón, L. (2022). *Recycled aggregates from ceramic and concrete in mortar mixes*. Materials, 15(24). <https://doi.org/10.3390/ma15248933>
- Smical, I., Filip-Văcărescu, F., Danku, G., & Pașca, V. (2015). *Research on recycling of hardened mortar from construction and demolition waste*. Journal of Applied Engineering Sciences, 5(18). <https://doi.org/10.2015/Available>
- Tittarelli, F., Giosuè, C., & Mobili, A. (2018a). *Recycled Glass as Aggregate for Architectural Mortars*. International Journal of Concrete Structures and Materials, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-018-0290-3>
- Tittarelli, F., Giosuè, C., & Mobili, A. (2018b). *Recycled Glass as Aggregate for Architectural Mortars*. International Journal of Concrete Structures and Materials, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-018-0290-3>
- Zhang, L., Ding, D., Zhao, J., Zhou, G., & Wang, Z. (2022). *Mixture Design and Mechanical Properties of Recycled Mortar and Fully Recycled Aggregate Concrete Incorporated with Fly Ash*. Materials, 15(22). <https://doi.org/10.3390/ma15228143>

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



 : <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.147>

**Cómo citar este artículo (APA 7<sup>a</sup> edición):**

Ruiz Torres, J. de J. ., Loza Soto, I. M. ., Reyes Ojeda, L. J. ., Colunga Langarica, D. Z. ., & Cuate Gómez, D. H. . (2026). Mortero Sostenible, una Alternativa Económica al Mortero Convencional. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(1), 98-117. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.147>