

Effect of crushed ceramic as a replacement for coarse aggregate on workability, compression, and flexure of concrete $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Chavez Dominguez Aldo Martin, Br¹; Mendoza Vargas Dennis Arturo, Br², Sagástegui-Vásquez Germán, Mg. Ing³

^{1,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, N00181956@upn.pe, german.sagastegui@upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, N00109234@upn.pe

Abstract– The development of construction projects involves the use of various materials, of which the most commonly used is concrete due to its properties. Quarries are required for the production of concrete to extract aggregates. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects on the workability, compression, and flexure of concrete with a yield strength of 280 kg/cm² by replacing coarse aggregate with crushed ceramic. The purpose was to take advantage of construction waste, as this ceramic waste is often disposed of in landfills, generating environmental pollution. The methodology applied was quantitative, applied, and experimental. The samples prepared were 63 cylindrical specimens for compression tests and 63 beam-type specimens for flexure tests. Replacing the coarse aggregate with crushed ceramic in sizes of 10 mm and 3/8 ". In percentages of 12%, 15% and 18%. Concluding that it has a positive effect on the properties of the concrete, with 18% replacement of crushed ceramic and size of 3/8 ", a compressive strength of 440.62 kg / cm² and 105.61 kg / cm² of flexural strength was obtained.

Keywords-- crushed ceramic, Concrete, Flexion, compression, Workability

Efecto de cerámica triturada como sustitución del agregado grueso en trabajabilidad, compresión, flexión de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Chavez Dominguez Aldo Martin, Br¹; Mendoza Vargas Dennis Arturo, Br², Sagástegui-Vásquez Germán, Mg. Ing³

^{1,3} Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, N00181956@upn.pe, german.sagastegui@upn.edu.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú, N00109234@upn.pe

Resumen— El desarrollo de proyectos de construcción, implican la utilización de diversos materiales de los cuales el más utilizado es el concreto debido a sus propiedades, para la producción de concreto demanda la explotación de canteras para la extracción de agregados. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar los efectos en la trabajabilidad, compresión y flexión de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el agregado grueso con cerámica triturada. Con la finalidad de aprovechar los residuos provenientes de construcciones debido a que estos residuos cerámicos son desechados en botaderos generando contaminación ambiental. La metodología aplicada por el enfoque fue cuantitativa, aplicada y experimental. Las muestras elaboradas fueron 63 probetas cilíndricas para ensayos a compresión, 63 probetas tipo viga para ensayos a flexión. Reemplazando el agregado grueso con cerámica triturada en tamaños de 10 mm y 3/8". En porcentajes de 12%, 15% y 18%. Concluyendo que presenta un efecto positivo en las propiedades del concreto, con reemplazo de 18% de cerámica triturada y tamaño de 3/8" se obtuvo una resistencia a compresión de 440.62 kg/cm² y 105.61 kg/cm² de resistencia a flexión.

Palabras clave: cerámica triturada, Concreto, Flexión, compresión, Trabajabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

En la India el concreto es el material de construcción que utiliza en la mayoría de los proyectos de construcción. Un gran aumento en la cantidad de hormigón que se utiliza está impulsado por el crecimiento de la infraestructura y la expansión de las actividades de construcción en todo el mundo, es importante mencionar que residuos cerámicos no solo se producen durante las demoliciones de edificios sino también del proceso de fabricación, el uso de teja triturada y polvo de teja como reemplazo de los áridos fino y gruesos es una gran opción de uso en el concreto [1].

En Pakistán la cantidad de residuos cerámicos es una alternativa de su uso como agregado grueso y fino, la producción de cerámicos a partir de materiales naturales sinterizados de alta temperaturas, no hay productos químicos nocivos en los azulejos, desperdiciar las baldosas sólo causan el peligro de contaminación, sin embargo cada año se lavan unas 250 000 toneladas de tejas, mientras que para reparaciones se utilizan 100 millones de tejas, residuos cerámicos se pueden transformar en útiles agregados finos y

gruesos, se ha calculado alrededor del 30% de la producción diaria en la industria cerámica queda como residuo, las baldosas cerámicas poseen una amplia gama de propiedades y ciertas baldosas son más adecuadas para instalaciones que otras, en consecuencia cuenta un buen conocimiento de propiedades esenciales que para el consumidor logre valorar [2].

En Arabia Saudita hoy en día el sistema terrestre está deteriorado por el enorme uso de recursos naturales en la industria, la construcción es la mayor industria del mundo, cada año se produce 12 mil millones de toneladas de hormigón, una tonelada de cemento producida emite una tonelada de CO₂ al medio ambiente [3]. En Tailandia los residuos sólidos industriales como las baldosas cerámicas son dos tipos de residuos sólidos, una gran producción se genera de la demolición de edificios y la producción de productos cerámicos, lo que no sólo plantea importantes riesgos medio ambientales sino también requiere el uso de gran vertedero, el impacto de la utilización de residuos cerámicos en el rendimiento del mortero y del concreto es el foco de numerosos estudios que dan como alternativas a un concreto sostenible [4].

En Holanda, Dinamarca y Bélgica, se genera un aprovechamiento de hasta el 90% de los materiales generados en los residuos de construcción, ello debido a que no cuentan con materia prima de primer uso para el desarrollo de la construcción, así como también, la falta de centros para la disposición final de dichos residuos. Por ello, se vieron en la necesidad de generar mecanismos de aprovechamiento y reciclaje de los mismos. En Finlandia, Inglaterra y Austria, el aprovechamiento ha sido de hasta el 45% de los residuos de la construcción, en donde se han fortalecido las políticas de reciclaje y manejo de los materiales RCD [5].

En Brasil, la cerámica es responsable del 10% de la pérdida de producción, muchas veces se deposita inadecuadamente, generando algunos tipos de contaminación, que pueden transformarse en materia prima y resolver muchos problemas industriales, en los últimos años, debido al desarrollo de las ciudades y las fáciles inversiones inmobiliarias, ha habido un crecimiento en la demanda de concreto, con el aumento de la construcción civil, también crece la emisión de CO₂ a la atmósfera, siendo responsable de

hasta el 20% de la emisión total de CO₂ [6]. Una alternativa es la incorporación de residuos en los materiales de construcción buscando minimizar impactos ambientales, los residuos a descarte quedan muchas veces en patios sin aprovechar, una vez que los residuos se convierten en insumos de otro reducen los costos de producción, ya sea por ahorro de energía o de materias primas [7].

En Colombia, la gestión adecuada de los residuos de construcción es fundamental para el progreso y desarrollo de la sociedad. Aunque algunas ciudades logran aprovechar parte de sus residuos, existen desafíos debido a la falta de cumplimiento normativo, baja demanda de productos derivados y desconocimiento sobre los materiales reutilizables. Aunque el reúso de residuos de construcción se encuentra en un nivel tecnológico bajo, algunas empresas han impulsado iniciativas artesanales para su reciclaje. Se han implementado medidas para la gestión integral de estos residuos, demostrando la viabilidad de su utilización en concretos ecológicos y la mejora de suelos [8].

En el Perú en tiempos actuales existe una gran preocupación relacionada al deterioro del medio ambiente generada en gran medida por la mano del hombre. Esto despierta el interés de ideas innovadoras, con nuevas investigaciones y propuestas que pretenden solucionar los problemas que se han generado con el paso del tiempo, por ello se adicionó residuos de cerámica como sustituto del agregado donde beneficia positivamente el concreto mejorando sus propiedades mecánicas y físicas salvo el módulo de elasticidad, donde sí se ve afectado negativamente por la inclusión de los residuos de cerámica a excepción de la incorporación del 10% de residuos de cerámica donde mostró un incremento de 1%, y en virtud de lo ya mencionado lo convierte en una potencial alternativa eco amigable de uso general para las construcciones futuras [9].

Hoy en día un sin número de investigaciones demuestran que el uso de materiales reciclados muestra mejores condiciones como por ejemplo en la resistencia a la compresión de un concreto. Así mismo ayuda positivamente en la mitigación de los efectos invernaderos. Muchas construcciones en demolición cuentan con materiales que se puede reciclar y reutilizar nuevamente como alternativa de reúso o de reemplazos, esto puede traer una mejor economía. Esta investigación el objetivo es mejorar las características de compresión y flexión del concreto con el reemplazo con la cerámica reciclada y triturada al agregado grueso. Si la investigación obtenemos resultados significativos entonces esto traería un gran beneficio como nueva alternativa en el concreto esto se convertiría en un uso general para las construcciones futuras, en caso contrario se buscaría otras alternativas y tamaños para lograr los concretos deseados.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Muestras y Ensayos

Agregados

Los agregados como principales componentes del concreto hidráulico, se tomó en cuenta sus características, propiedades y su influencia que estos tendrán en la elaboración de la mezcla de concreto verificando que estos valores se encuentren dentro de lo permisible de la normatividad vigente.

Cerámica Triturada

Son aquellos residuos generados por las industrias cerámicas incluyen una cantidad sustancial de lodos cerámicos residuales, el lodo cerámico es un subproducto generado durante el tratamiento del agua mediante coagulación química, comprende lodos de pulido cerámico de porcelana y gres, residuos de tratamiento de lodos, sedimentos de operaciones de desalinización y residuos de perforación rotativa [10].

Los residuos cerámicos se pueden separar en dos categorías, respetando origen de las materias primas:

El primero es residuos de cocción, generados por las fábricas cerámicas que utilizan únicamente pasta roja para fabricar sus productos, ejemplo ladrillos, bloques y tejas, el segundo está todo residuos fabricados con gres cerámico como paredes, suelos, azulejos, sanitarios, así como la industria cerámica está compuesta por subsectores como revestimientos y pavimentos, artículos sanitarios, ladrillos, tejas, materiales resistentes y materiales cerámicos para uso doméstico y ornamental [11].

Cemento

Material aglomerante empleado en la construcción, obtenido mediante cocción a 1550° C una combinación de piedra caliza y arcilla, con un porcentaje superior al 22% en contenido de arcilla, la piedra caliza se calcina en hornos especiales, hasta un principio de fusión o vitrificación, para luego de ser molidas y trituradas [12].

Agua

Mezcla del concreto donde cumple 3 funciones, reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse [13]

Ensayos del Concreto en Estado Fresco

Asentamiento

Aquella medida proporciona la facilidad para trabajar la mezcla (consistencia) el resultado que se extrae de este ensayo solo indica la caída del material con respecto a la altura del cono de Abrams. Es empleado para determinar la consistencia de las mezclas utilizada en construcciones normales [14].

Trabajabilidad

En esencia es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. En la prueba de revenimiento se coloca un espécimen o probeta de la mezcla en un molde de forma troncocónica, de 12 pulg de altura, con base de 8 pulg y parte superior de 4 pulg de diámetro [15].

Ensayos del Concreto en Estado Endurecido

Resistencia a la compresión

Se refiere a la capacidad para poder resistir una carga, de forma vertical para columnas y de forma horizontal para vigas, por un área (superficie de contacto). Este ensayo se resume en generar una fuerza de manera axial a las probetas realizadas después de ser extraídas del molde, luego de haber sido curadas durante el tiempo requerido para realizar dicho ensayo. Este dato es hallado dividiendo la fuerza máxima ejercida en el testigo, entre el área de contacto con la máquina que ejerce la carga. (NTP. 339. 034, 2015).

Resistencia a la flexión

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. (NRMCA, 2008)

B. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas de Recolección de Datos

La técnica que se utilizó en el procedimiento para cumplir con los objetivos fue la observación directa ya que los ensayos implican un criterio visual en el laboratorio. Según Arias (2020) es un método de análisis donde los procedimientos específicos son utilizados para recopilar y analizar mediante fichas o interpretar datos de manera más detallada y así poder lograr el objetivo del estudio, las técnicas a de recolección de datos que se pudo considerar fueron:

- Revisión bibliográfica sobre el uso de cerámica triturada en el concreto, esto nos ayuda a entender su estado y definir su enfoque
- Experimentos de laboratorio, realiza ensayos físicos y mecánicos sobre muestras de concreto con diferentes porcentajes de cerámica triturada. Donde esto incluye pruebas de resistencias a la compresión y flexión.
- Estadística descriptiva, la estadística descriptiva es un método para organizar datos y descubrir sus características esenciales para poder sacar conclusiones con la ayuda de diversas mediciones:

Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos utilizados fueron fichas de recolección, formatos u hojas donde se registró los resultados de los ensayos de resistencia a compresión y flexión mediante probetas ensayadas en el equipo de compresión hidráulico para su posterior evaluación de los resultados a las edades de 7, 14 y 28 días. Los instrumentos permitieron registrar información relevante sobre eventos, comportamientos, características, gráficos, datos obtenidos o patrones que se observan directamente [16]. Los datos tomados para cada ensayo establecidos por el laboratorio de Suelos y concreto GRUPO IMG donde los equipos y herramientas utilizados fueron:

- Planilla de roturas de probetas
- Softwares de Microsoft office (Word y Excel)
- Máquina de Compresión de probetas.
- Máquina de flexión de viga.
- Mezcladora de concreto.
- Tamices de malla de 1 ½", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N°50, N°100 Y N° 200.
- Balanza, capacidad de 300 gr
- Horno de 110° C±5°C
- Taras
- Molde metálico para probetas cilíndricas de concreto 10cm x 20cm
- Molde metálico para probetas rectangulares tipo viga de concreto 15cm x 15cm x 45cm

C. Procedimiento

Caracterización de los agregados

Se realizaron las caracterizaciones de los agregados, contenido humedad, peso unitario seco y compactado, peso específico, módulo de finura.

Cerámica triturada

Luego a ello se realizó los reemplazos de cerámica triturada al agregado grueso en 12%, 15% y 18% se evaluaron en el estado fresco la trabajabilidad mediante el asentamiento basado en la NTP 339.035 de tal manera que los ensayos posteriores que se realizaron en el laboratorio fueron la resistencia de compresión basado en NTP 339.034 y la resistencia a flexión.

Diseño de Mezcla

El procedimiento de diseño de mezcla utilizado fue método proporcionado por el comité ACI 211, para una resistencia de diseño de 280 kg/cm²

Ensayos del Concreto

Muestreo de Mezclas de Concreto Fresco (NTP 339.036)

La cantidad como mínima del concreto para el ensayo de resistencia a la compresión será de 28 L; para el caso de los ensayos de temperatura y asentamiento se podrá utilizar menores volúmenes, así mismo se debe tomar la muestra de la

parte media de la tanda, pero añadiendo el aditivo y agua adecuada para la mezcla diseñada.

Temperatura del concreto (NTP 339.184)

Introducir el termómetro digital en el concreto hasta una profundidad mínima de 7.5 cm, haciendo presión del concreto con el dispositivo para asegurar una buena lectura.

Esperar un tiempo mínimo de 2 minutos y máximo de 5 minutos para poder registrar la temperatura arrojada por el termómetro; cuyo dato será expresado con una exactitud de 0.5°C.

Asentamiento (NTP 339.035).

En este ensayo lo que se realizó como primer paso fue el humedecimiento del molde cónico, ello se debe colocar sobre una superficie metálica. Luego conforme se iba llenando como recomendación en 3 capas, se iba ingresando una varilla un total de 25 veces en cada capa; al terminar se debe nivelar al ras del molde cónico, después se procedió a levantar el molde a una altura de 30 cm, tiempo máximo 5 segundos, sin dejar de fijar el molde a la base en todo momento haciendo presión sobre las aletas metálicas. Finalmente, el asentamiento fue medido desde la altura del cono metálico invertido, la medida es en pulgadas y con una precisión de 0.5.

Trabajabilidad

Para efecto del análisis de esta propiedad del concreto en estado fresco se realizó el mezclado, transportado y colocación en los moldes para los ensayos respectivos. Realizándose un Slump para la muestra de concreto patrón y la respectiva medición de la trabajabilidad con el reemplazo del agregado grueso en cantidades de 12%, 15% y 18% de cerámica triturada.

Elaboración y curado de especímenes (NTP 339.183)

Para la realización de las muestras se llena el concreto en los moldes en dos capas varillando un total de 25 veces por cada capa de manera uniforme. Después se golpeó un total de 12 veces en la superficie exterior del molde, esto por cada capa con la finalidad de eliminar el aire atrapado al apisonar. Finalmente se procedió a nivelar la superficie del concreto con ayuda de la varilla metálica evitando que se formen depresiones o proyecciones en el proceso.

Antes de iniciar con el curado de los especímenes primero se protegieron los testigos cilíndricos elaborados, con una tapa de plástico para que de esta manera se evite la evaporación del agua y luego se almacenaron en un lugar apropiado libre de vibraciones. Al día siguiente se desmoldaron los especímenes y se introdujeron en la poza de curado, la cual contenía agua a una temperatura de 23°C, hasta el día en que sean sometidas al ensayo de compresión según las edades estipuladas.

Ensayos del Concreto en Estado Endurecido

Compresión

Para el análisis de los ensayos realizados para el presente trabajo de investigación se elaboró el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, el cual se utilizó como diseño de mezcla patrón, posteriormente se realizó el remplazo con cerámica triturada como sustitución del agregado grueso, se elaboraron los testigos de concreto reemplazándose en cantidades de 12%, 15% y 18%. En tamaños de 10 mm y 3/8". Los cuales se ensayaron a edades de 7, 14 y 28 días.

Flexión

Para análisis de flexión del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y efecto del reemplazo de cerámica triturada como sustitución del agregado grueso se elaboraron testigos de concreto en un molde con dimensiones 15x15x45 cm reemplazándose cantidades de 12%, 15% y 18%. En tamaños de 10 mm y 3/8". Los cuales se ensayaron a edades de 7, 14 y 28 días. Realizándose también un diseño patrón para poder verificar el efecto del reemplazo con cerámica triturada.

III. RESULTADOS

A. Caracterización de los agregados

los resultados de la caracterización de los agregados se detallan a continuación:

TABLA I
CARACTERIZACION DEL AGREGADO FINO

Ensayo	Norma	resultado	parámetros
Granulometría (M.F)	NTP 400.012	2.75	2.3 - 3.1
contenido de humedad	NTP 339.185	1.1	-
P.U.S.S (Kg/m3)	NTP 400.017	1736	1500 - 1800
P.U.C.S (Kg/m3)	NTP 400.017	1875	1600 - 1900
Peso específico (kg/m3)	NTP 400.022	2696	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP 400.022	2.6	0.2 - 5.0

TABLA II
CARACTERIZACION DEL AGREGADO GRUESO

Ensayo	Norma	resultado	parámetros
Tamaño máximo nominal (TMN)	-	1/2"	-
contenido de humedad	NTP. 339.185	1.7	-
P.U.S.S (Kg/m3)	NTP. 400.017	1568	1500 - 1800
P.U.C.S (Kg/m3)	NTP. 400.017	1771	1600 - 1900
Peso específico (kg/m3)	NTP. 400.022	2536	2500 - 2900
Absorción (%)	NTP. 400.022	3.3	0.2 - 5.0

B. Diseño de mezcla

El procedimiento de diseño de mezcla que se utilizó fue método proporcionado por el comité ACI 211, para una resistencia de diseño de 280 kg/cm²

TABLA III

VALORES CORREGIDOS EN LOS MATERIALES CON SUS VALORES PROPORCIONADOS MENCIONANDO QUE EL PESO ESP. AGUA 1000 KG/M³ RELACIÓN A/C ES DE 0.52.

Material	Und	Cantidad	%	Proporción en peso	Volumen m ³
Cemento	Kg/m ³	463.5	20	1.0	0.15
Agua	L/m ³	240.2	10	0.5	0.24
Agregado fino	Kg/m ³	608.6	26	1.3	0.23
Agregado grueso	Kg/m ³	998.8	43	2.2	0.39
Total =		2311.1 Kg/m³			

C. Trabajabilidad

Para efecto del análisis de esta propiedad del concreto en estado fresco se realizó el mezclado, transportado y colocación en los moldes para los ensayos respectivos. Realizándose un Slump para la muestra de concreto patrón y la respectiva medición de la trabajabilidad con el reemplazo del agregado grueso en cantidades de 12%, 15% y 18% de cerámica triturada. Esta medición fue realizada in situ mediante la técnica del cono de Abrams. Obteniéndose los siguientes asentamientos:

TABLA IV

ENSAYOS DE ASENTAMIENTO OBTENIDOS EN CAMPO DE LA MUESTRA DE CONCRETO PATRÓN Y LAS DIFERENTES AICIONES DE CERÁMICA TRITURADA PARA ENSAYOS DE CONCRETO A COMPRESIÓN.

Muestra	Fecha de Ensayo	F'c Diseño (kg/cm ²)	Slump (")
Patrón	22/04/2024	280	3.8
Patrón + 12% cerámica triturada 3/8"	22/04/2024	280	3.7
Patrón + 12% cerámica triturada 10 mm	22/04/2024	280	3.9
Patrón + 15% cerámica triturada 3/8"	22/04/2024	280	3.8
Patrón + 15% cerámica triturada 10 mm	22/04/2024	280	3.7
Patrón + 18% cerámica triturada 3/8"	22/04/2024	280	3.8
Patrón + 18% cerámica triturada 10 mm	22/04/2024	280	3.7

TABLA V

ENSAYOS DE ASENTAMIENTOS OBTENIDOS EN CAMPO DE LA MUESTRA DE CONCRETO PATRÓN Y LAS DIFERENTES ADICIONES DE CERÁMICA TRITURADA PARA ENSAYOS DE CONCRETO A FLEXIÓN.

Muestra	Fecha de ensayo	F'c Diseño (kg/cm ²)	Slump (")
Patrón	22/04/2024	280	3.7
Patrón + 12% cerámica triturada 3/8"	22/04/2024	280	3.8
Patrón + 12% cerámica triturada 10 mm	22/04/2024	280	3.7
Patrón + 15% cerámica triturada 3/8"	22/04/2024	280	3.9
Patrón + 15% cerámica triturada 10 mm	22/04/2024	280	3.6
Patrón + 18% cerámica triturada 3/8"	22/04/2024	280	3.8
Patrón + 18% cerámica triturada 10 mm	22/04/2024	280	3.6

D. Compresión

Para el análisis de los ensayos realizados para el presente trabajo de investigación se elaboró el diseño de mezcla f'c= 280 kg/cm², el cual se utilizó como diseño de mezcla patrón, posteriormente se realizó el reemplazo con cerámica triturada como sustitución del agregado grueso, se elaboraron los testigos de concreto reemplazándose en cantidades de 12%, 15% y 18%. En tamaños de 10 mm y 3/8". Los cuales se ensayaron a edades de 7, 14 y 28 días presentando los siguientes resultados.

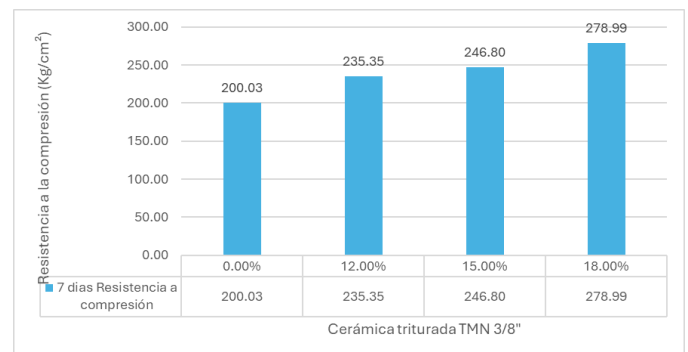


Fig. 1 Resultados a compresión en 7 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 3/8".

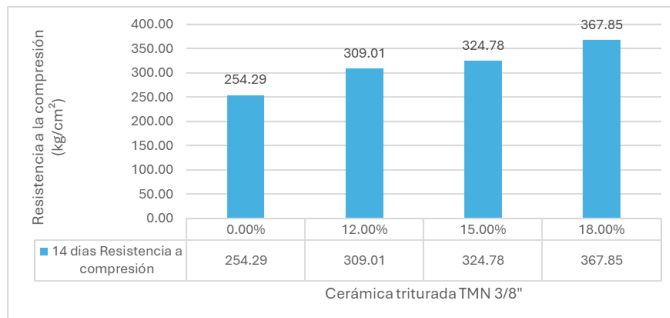


Fig. 2 Resultados de la resistencia a la compresión en 14 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 3/8"

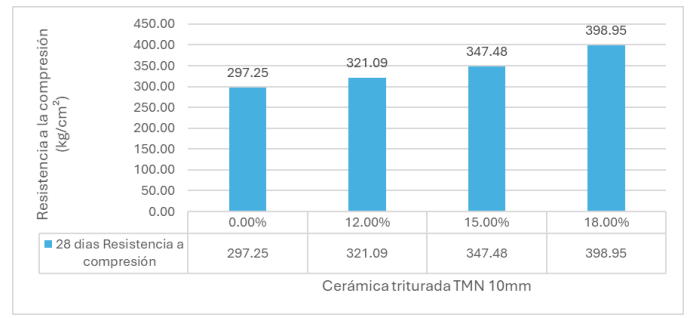


Fig. 6 Resultados resistencia a la compresión en 28 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 10mm

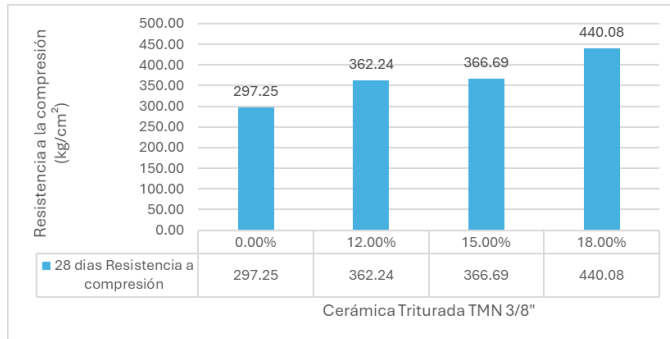


Fig. 3 Resultados resistencia a la compresión en 28 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 3/8"

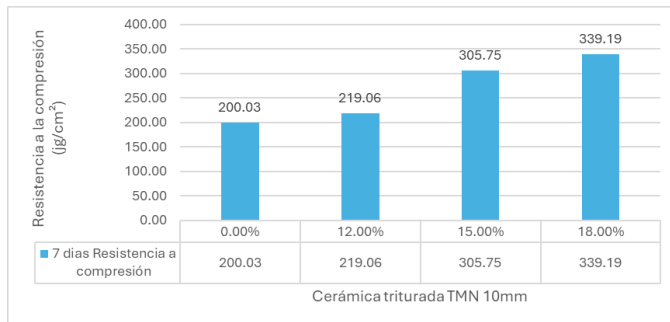


Fig. 4 resultados resistencia a la compresión en 7 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 10mm

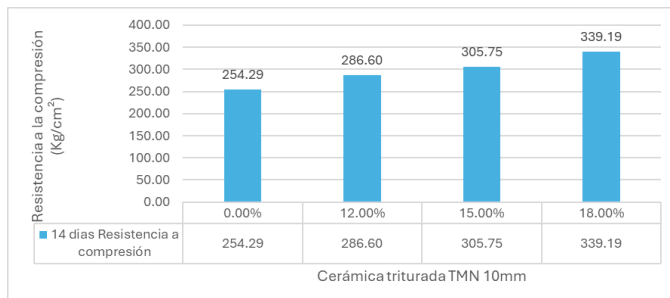


Fig. 5 Resultados resistencia a la compresión en 14 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 10mm

E. Flexión

Para análisis de flexión del concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y efecto del reemplazo de cerámica triturada como sustitución del agregado grueso se elaboraron testigos de concreto en un molde con dimensiones $15 \times 15 \times 45 \text{ cm}$ reemplazándose cantidades de 12%, 15% y 18%. En tamaños de 10 mm y 3/8". Los cuales se ensayaron a edades de 7, 14 y 28 días. Realizándose también un diseño patrón para poder verificar el efecto del reemplazo con cerámica triturada presentando los siguientes resultados:

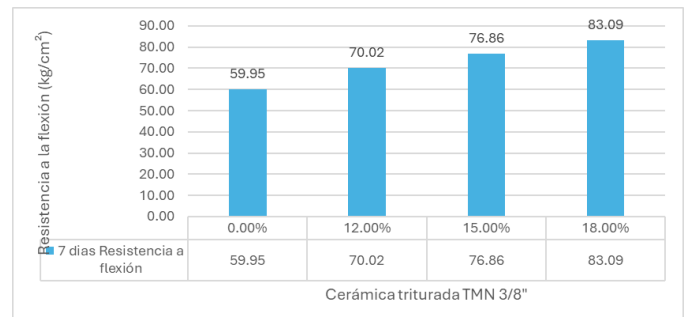


Fig. 7 Resultados resistencia a la flexión en 7 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 3/8"

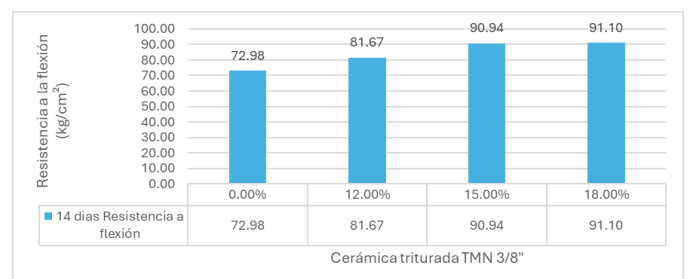


Fig. 8 Resultados resistencia a la flexión en 14 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 3/8"

IV. CONCLUSIONES

Luego de realizar los diferentes procedimientos, ensayos, analizamos los resultados obtenidos y se concluye lo siguiente:

Los enfoques experimentales pueden ser un punto de referencia para futuros estudios, estableciendo metodologías de pruebas para evaluar el rendimiento de mezclas con materiales reciclados.

La investigación podría abrir nuevas vías para la colaboración entre disciplinas, como la ingeniería civil, la gestión de residuos y la sostenibilidad, fomentando un enfoque más holístico en el desarrollo de materiales.

Se determinó que el efecto de cerámica triturada como sustitución del agregado grueso en la trabajabilidad, compresión, flexión de un concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, se determinó un efecto positivo en las propiedades del concreto a medida que se aumenta la sustitución del agregado grueso con cerámica triturada.

Se encontró la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados presentando los siguientes resultados en el agregado fino. granulometría = 2.75%, contenido de humedad = 1.1%, peso unitario suelto seco = 1736 kg/m^3 , peso unitario compactado seco = 1875 kg/m^3 , peso específico = 2696 kg/m^3 y absorción = 2.6%. Asimismo, en el agregado grueso presentó los siguientes resultados tamaños máximo nominal = $1/2"$, contenido de humedad = 1.7%, peso unitario suelto seco = 1568 kg/m^3 , peso unitario compactado seco = 1771 kg/m^3 , peso específico = 2536 kg/m^3 y absorción = 3.3%.

Se determinó el efecto de la cerámica triturada como sustitución del agregado grueso en cantidades de 12%, 15% y 18% en tamaño de 10mm y $3/8"$. En un concreto $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$, en trabajabilidad obteniendo 3.9" como asentamiento máximo y 3.7" como asentamiento mínimo. Concluyéndose que la trabajabilidad del concreto, con reemplazo de cerámica triturada en los porcentajes 12%, 15% y 18% no se ve afectada a medida que aumentamos el porcentaje de sustitución con cerámica triturada.

Se determinó el efecto a compresión de la cerámica como sustitución del agregado grueso con 12%, 15% y 18% en un concreto $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ con tamaños de 10mm y $3/8"$ presentando un efecto positivo por tal razón se concluye que el efecto de sustitución del agregado grueso con cerámica triturada en la cantidad de 18% y tamaño de 10mm se logró obtener una resistencia a compresión del concreto = 399.83 kg/cm^2 , a 28 días, y el efecto de sustitución del agregado grueso con cerámica triturada en la cantidad de 18% y tamaño de $3/8"$ se logró conseguir una resistencia a compresión del concreto = 440.62 kg/cm^2 , a 28 días.

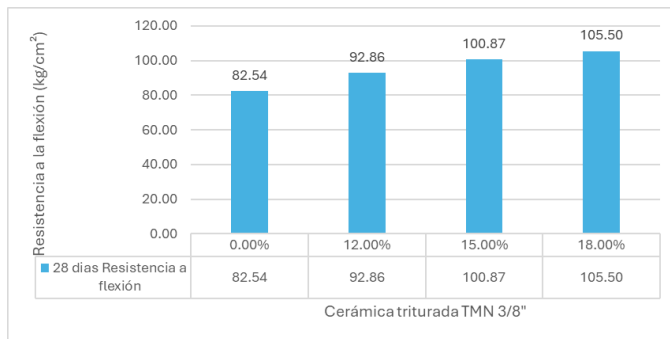


Fig. 9 Resultados resistencia a la flexión en 28 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de $3/8"$

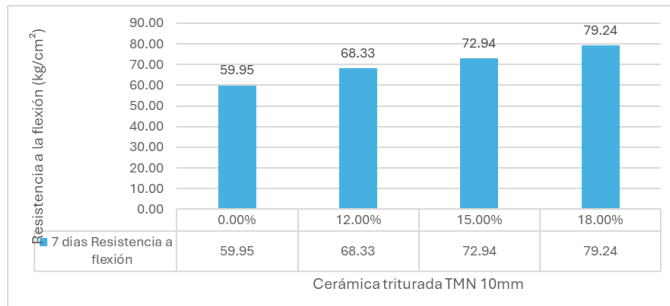


Fig. 10 Resultados resistencia a la flexión en 7 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 10mm

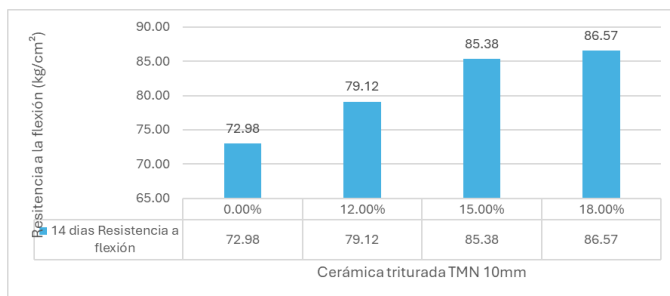


Fig. 11 Resultados resistencia a la flexión en 14 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 10mm

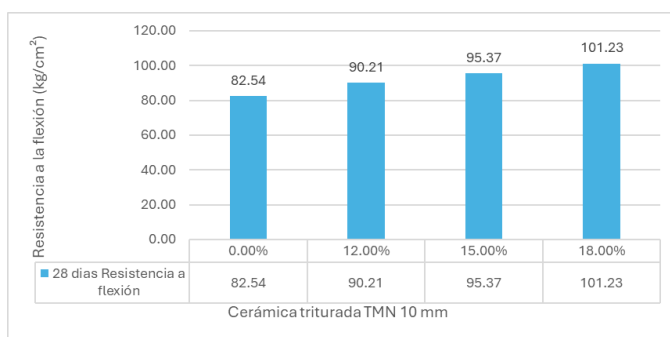


Fig. 12 Resultados resistencia a la flexión en 28 días de la mezcla de concreto con reemplazo del 12%, 15% y 18% de cerámica triturada tamaño de 10mm

Se determinó el efecto a flexión de la cerámica como sustitución del agregado grueso con 12%, 15% y 18%. De un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en tamaño de 10mm y 3/8" presentando un efecto positivo por tal motivo se concluye que el efecto de sustitución del agregado grueso con cerámica triturada en la cantidad de 18% y tamaño de 10mm se logró obtener una resistencia a flexión del concreto = 96.08 kg/cm^2 , a 28 días, y el efecto de sustitución del agregado grueso con cerámica triturada en la cantidad de 18% y tamaño de 3/8" se logró conseguir una resistencia a flexión del concreto = 106.56 kg/cm^2 , a 28 días.

Finalmente, los hallazgos pueden motivar la creación de normativas y estándares específicos para el uso de cerámica triturada en mezclas de concreto, facilitando su adopción en la industria, la variabilidad de materiales, la calidad y composición de la cerámica triturada pueden variar según su origen, lo que podría influir en las propiedades del concreto final, el artículo puede contribuir a la teoría sobre diseño sostenible de materiales, destacando la importancia de integrar materiales reciclados en la formulación de concretos.

AGRADECIMIENTO

Al Mg. Sagastegui Vásquez, German. Por impartirnos sus conocimientos y motivarnos a un crecimiento constante en este hermoso campo de la Ingeniería Civil, asimismo extendemos nuestro agradecimiento a nuestra casa de estudios la Universidad Privada del Norte. Por habernos formado como profesionales y habernos brindado todas las herramientas para poder hacer realidad la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] Alsaif, A. (2021) Utilización de residuos cerámicos como sustituto parcial del cemento. Una revisión, Revista Construction and building materials, Volumen 300, 124009
- [2] Cerda, H. (2021). Los elementos de investigación. Magisterio Chryso Aditivos (2022) ¿Qué es el asentamiento del hormigón?
- [3] Gujarati, A., Monpara, M. y Mistry, J. (2017) Efecto del reemplazo parcial de agregado fino y grueso (10mm) con desechos cerámicos sobre las propiedades del concreto en Gujarat, International Journal for Scientific Research & development, Vol. 5
- [4] Espinoza, A. y Pipa, J. (2021) Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, Tesis Pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú
- [5] Furszyfer, R., Sovacool, B., Foley, A., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., Rooney, D. (2022) Decarbonizing the Ceramics Industry: A Systematic and Critical Review of Policy Options, Developments and Sociotechnical Systems. Renew. Sustain. Energy, 157, 112081.
- [6] Gavilánez, F. (2021). Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas. Ediciones Díaz de Santos
- [7] González, J. (2021). Técnicas de investigación cualitativa en los ámbitos sanitario y sociosanitario (Vol. 171). Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha.
- [8] Harikaran, M., Kulanthavel, P., Krishnaraja, A. y Murugan, P. (2023) Mejora del rendimiento del hormigón mediante el uso de residuos cerámicos como sustitución parcial del árido grueso en Tamilnadu, Journal of Ceramic Processing Research. Vol. 24, No. 2, pp. 266~273
- [9] Heredia, C. (2019) Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$: incorporando cerámico en 3% y 5% en reemplazo de agregado grueso, Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú
- [10] Hernández, H. (2013) Supervisión de Estructuras de Concreto y de Acero. Recuperado de <https://sites.google.com/site/construyetuingenio2013/home/11--propiedadesdel-concreto-y-sus-componentes>
- [11] Manikandan, K., Nanthakumar, P., Balachandar, M., Shankar, D., Vijayakumari, G., (2023) Reemplazo parcial de árido por baldosa cerámica en hormigón, Revista Science Direct, Volumen N° 30, ISSN 2214-7853
- [12] Marulanda, J. (2018). Materiales de construcción. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com>
- [13] Meza, A. y Tolentino, Y. (2020) Diseño de concreto incorporando materiales cerámicos con plastificante para incrementar las propiedades mecánicas del concreto sobre 210 kg/cm^2 , Lima-2020, Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú
- [14] Mohit, M. y Sharifi, Y. (2019) Propiedades térmicas y microestructurales de morteros de cemento que contiene polvo de residuos cerámicos como materiales cementosos alternativos, Construction and building materials, Volumen 223, pag. 643-656
- [15] Moya, E. (2023) Desarrollo Tecnológico del Reuso y/o Reciclaje de Residuos de Construcción en Colombia, Tesis Pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia Neiva-Huila, Colombia
- [16] NRMCA (2008) Studies of flexural strength of concrete, parte 3, Effects of variations in testing procedures, Publication N° 75
- [17] NTP 339.034 (2015) Resistencia a la compresión probetas cilíndricas. Lima, Perú
- [18] Papilaya, S. (2023) Utilización de residuos cerámicos como agregado grueso y su efecto sobre la resistencia a la compresión del concreto en Indonesia, International Journal of Advanced Engineering Research and Science, Vol. 10, N° 2
- [19] Pasquel Carbajal, E. (1993). Tópicos. de tecnología del concreto en el Perú. Colegio de ingenieros del Perú.
- [20] Rodríguez, D. (2021). Estudio del aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición "RCD" de Villavicencio – Meta [Universidad cooperativa de Colombia]. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/43252/1/2021_Estudio_Aprovechamiento_Residuos.pdf
- [21] Silva, R., Brito, J., Dhri, R. (2019) Aprovechamiento de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición en aplicaciones de nueva construcción, Journal of Cleaner Production, Volumen 236, 117629
- [22] Suvash, Samrat, Adewumi y Jihad (2023) Hormigón ecológico con residuos de baldosa cerámica como árido grueso: resistencia mecánica, durabilidad y propiedades microestructurales en Bangladesh, Asian Journal of civil engineering, N° 24, 3363-3373
- [23] Tikul, N., Srichandr, P. (2010) Evaluación del impacto ambiental de la producción de baldosas cerámicas en Tailandia, Revista Journal Ceramic Society of Japón, Volumen N° 118, 887-894
- [24] Velasquez, G. (2021) Influencia del porcelanato reciclado como reemplazo de los agregados sobre asentamiento, compresión, absorción, densidad y porosidad en el concreto, Trujillo 2021, Tesis Pregrado, Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú
- [25] Vizcaíno, P., Maldonado, I. y Cedeño, R. (2023) Metodología de la investigación científica: guía práctica; Volumen, N° 4, 1-40