



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia del uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Hurtado Principe, Roy Jhon (orcid.org/0000-0002-1565-6788)

**ASESOR:**

Mg. Canta Honores, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-9232-1359)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía y darme la fuerza cada día para poder alcanzar esta meta y propuesta en mi vida. A mis padres, hermano y esposa, quienes constituyen un gran fuerte de inspiración, por tanto, amor y sacrificio aportado durante muchos años para llegar hasta aquí y convertirme en buen profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Sobre todo, agradecer a Dios por permitir lograr mis metas hasta hoy.

A mis padres por su paciencia, cuidado y amor incondicional que han estado conmigo siempre, estaré agradecido y comparto con ellos este maravilloso logro.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CANTA HONORES JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia del uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.", cuyo autor es HURTADO PRINCIPE ROY JHON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 28 de Febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANTA HONORES JORGE LUIS DNI: 10743048 ORCID: 0000-0002-9232-1359	Firmado electrónicamente por: JCANTAHO el 28-02- 2024 16:13:54

Código documento Trilce: TRI - 0738929





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, HURTADO PRINCIPE ROY JHON estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia del uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
HURTADO PRINCIPE ROY JHON DNI: 45988350 ORCID: 0000-0002-1565-6788	Firmado electrónicamente por: RHURTADOPR el 28- 02-2024 23:15:52

Código documento Trilce: INV - 1535032

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	10
III. METODOLOGÍA .....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización: .....	22
3.3. Población, muestra y muestreo .....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	27
3.5. Procedimientos .....	29
3.6. Método de análisis de datos .....	39
3.7. Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS.....	41
4.1. Trabajabilidad del concreto.....	41
4.2. Resistencia a esfuerzos de compresión del concreto.....	43
4.3. Resistencia a esfuerzos de flexión del concreto .....	46
4.4. Comprobación de hipótesis .....	49
V. DISCUSIÓN .....	55
VI. CONCLUSIONES .....	57
VII. RECOMENDACIONES .....	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción y capacidad mundial del cemento por miles de toneladas ....	1
Tabla 2. Porcentajes de uso de insumos por diversos autores .....	7
Tabla 3. Composición química del cemento, polvo de vidrio y ceniza de cascarilla de arroz .....	17
Tabla 4. Determinación de la Población de acuerdo al tipo de muestra.....	23
Tabla 5. Base teórica para determinación de % de insumos a estudiar .....	24
Tabla 6. Detalle de distribución de muestra según diseño. ....	26
Tabla 7. Contenido de agua en la mezcla de concreto según ACI 211.....	36
Tabla 8. Relación agua/cemento para el concreto según ACI 211.....	36
Tabla 9. Volumen de agregado grueso el concreto según ACI 211. ....	36
Tabla 10. Volumen de agregado grueso el concreto según ACI 211. ....	37
Tabla 11. Asentamiento de las mezclas de concreto. ....	41
Tabla 12. Resistencia a compresión promedio de las mezclas de concreto. ....	43
Tabla 13. Resistencia a flexión promedio de las mezclas de concreto. ....	47
Tabla 14. Resultados de resistencia a compresión del concreto a los 28 días ....	50
Tabla 15. Prueba de normalidad para datos de resistencia a compresión.....	51
Tabla 16. Comparación de medias de resistencia a compresión con prueba ANOVA en SPSS. ....	51
Tabla 17. Prueba pos hoc de Tukey de la resistencia a compresión en SPSS....	52
Tabla 18. Resultados de resistencia a flexión del concreto a los 28 días .....	53
Tabla 19. Prueba de normalidad para datos de resistencia a flexión .....	53
Tabla 20. Comparación de medias de resistencia a flexión con prueba ANOVA en SPSS.....	53
Tabla 21. Prueba post hoc de Tukey de la resistencia a flexión en SPSS .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia. ....	5
Figura 2. Reporte de respuesta a esfuerzos a la compresión de mezclas AAC después de 28 días de curado al aire. Tomado de (3, p. 7). ....	14
Figura 3. a)-Cascara de arroz, (b)-Ceniza en estado amorfo pre quemado, (c)- Polvo de ceniza 150 um, quemado a 600°C. Fuente: Elaboración propia .....	17
Figura 4. Diagrama de posición del espécimen de viga para prueba a flexión. Tomado de Norma ASTM C-78. ....	20
Figura 5. Combinación de muestras con sustitutos cementantes. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 6. <i>Adquisición de Cascara de arroz (RH7) seco, sacos de 27 kg cada uno para su posterior pre quemado.</i> .....	30
Figura 7. Proceso de pre quemado en un cilindro, durante 8 horas.....	30
Figura 8. Resultado después del pre quemado, cuyo resultado es una ceniza en estado amorfo de color blanco. ....	31
Figura 9. Incineración de RHA después del pre quemado, en horno eléctrico a temperatura de 600°C. ....	31
Figura 10. Estado de proceso de adquisición de RHA, (a) cascarilla de arroz, (b) ceniza pre quemado y (c) ceniza calcinada a 600 °C.....	31
Figura 11. Vidrio reciclado, trituradas hasta lograr un tamaño aproximado de 1”, para su posterior molido. ....	32
Figura 12. Molido de vidrio hasta lograr un polvo del tamaño de 150 um. ....	33
Figura 13. Asentamiento de las mezclas de concreto. ....	41
Figura 14. Ensayos de SLUM según ASTM C143 / NTP 339.035. Para muestras patrón. ....	42
Figura 15. Ensayos de SLUM para muestras combinadas. ....	43
Figura 16. Resistencia a compresión promedio de las mezclas de concreto. Fuente: Elaboración propia.....	44
Figura 17. Comparación de resistencia a compresión a los 28 días. ....	45
Figura 18. Ensayos de compresión para muestra patrón y muestras combinadas a 7 los días. ....	45



Figura 19. Ensayos de compresión para muestra patrón y muestras combinadas a 14 los días. ....	46
Figura 20. Ensayos de compresión para muestra patrón y muestras combinadas a 28 los días. ....	46
Figura 21. Porcentaje de resistencia a flexión alcanzado. ....	47
Figura 22. Ensayos de resistencia a la flexión del concreto para muestra patrón.	48
Figura 23. Ensayos de resistencia a la flexión del concreto para muestras combinadas. ....	49

## RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de demostrar como el uso de ceniza de cáscara de arroz (RHA) y polvo de vidrio desecho (GP) influyen en las propiedades del concreto. Se empleó en ello una metodología aplicada, cuantitativa y experimental, manipulando la sustitución parcial del cemento en la mezcla por distintas proporciones de RHA y GP para observar los efectos sobre la trabajabilidad, la resistencia a compresión y la resistencia a flexión. En todos los casos, se hizo una comparación con una mezcla de concreto patrón, realizando los ensayos de resistencia a los 7, 14 y 28 días. Se encontró que, para todos los casos, la trabajabilidad de las mezclas resultó menor respecto al concreto patrón, pasando de 9 cm a 2 cm según aumenta el contenido de RHA. Por su parte, hubo una influencia positiva en la resistencia de ciertas dosificaciones (MC-2 y MC-3), aumentando la resistencia a compresión en un 4%, y la resistencia a flexión en un 8% y 9%, respectivamente, no obstante, las demás resultaron ser más débiles en comparación al concreto patrón. Así mismo, el análisis estadístico de los resultados indicó que dicha influencia es significativa, medida con la prueba ANOVA, obteniendo un p-valor menor a 0.05, por lo que se concluyó que la sustitución parcial del cemento por RHA y GP ejerce una influencia en las propiedades del concreto.

**Palabras clave:** Ceniza de cáscara de arroz, polvo de vidrio, concreto, trabajabilidad, resistencia a compresión, resistencia a flexión.

## **ABSTRACT**

The present research had the objective of demonstrating how the use of rice husk ash (RHA) and waste glass powder (GP) influence the properties of concrete. An applied, quantitative and experimental methodology was used, manipulating the partial replacement of cement in the mixture with different proportions of RHA and GP to observe the effects on workability, compressive strength and flexural strength. In all cases, a comparison was made with a concrete pattern mixture, carrying out the resistance tests at 7, 14 and 28 days. It was found that, for all cases, the workability of the mixtures was lower compared to the concrete pattern, going from 9 cm to 2 cm as the RHA content increased. For its part, there was a positive influence on the resistance of certain dosages (MC-2 and MC-3), increasing the compressive strength by 4%, and the flexural strength by 8% and 9%, respectively. However, the others turned out to be weaker compared to the specific pattern. Likewise, the statistical analysis of the results indicated that said influence is significant, measured with the ANOVA test, obtaining a p-value less than 0.05, therefore it is concluded that the partial replacement of cement with RHA and GP exerts an influence on the properties of concrete.

**Keywords:** rice husk ash, glass powder, concrete, workability, compressive strength, flexural strength.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción va en aumento, demandando la producción del concreto, lo que genera el consumo excesivo de áridos naturales como agregados en la fabricación del cemento, ocasionando la contaminación ambiental causada por las emisiones de gases de efecto invernadero durante su explotación, traslado y fabricación. Por su parte, también se generan desechos sólidos y agrícolas de materiales como el vidrio y cáscara de arroz, que, por una mala disposición, generan daños ambientales. Durante la producción del cemento Portland, se generan impactos negativos contra el medio ambiente por la emanación de cantidades significativas del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) lo cual origina el calentamiento global (Shanks et al.,2019) (1). No obstante, la fabricación del cemento es causante de emitir aproximadamente del 5% a 7% del CO<sub>2</sub> a nivel mundial. Según la publicación del (Servicio Geológico de EE.UU (USGS),2022), la producción de cemento portland de dicho país aumentó a un estimado de 90 millones en toneladas entre los años 2020 a 2021 y 4 mil millones de toneladas a escala mundial cada año (2). En la siguiente tabla 1 se exhibe la producción mundial del cemento, lo que denota el consumo que tiene el concreto como material de construcción.

Tabla 1. Producción y capacidad mundial del cemento por miles de toneladas

	Producción de cemento		Capacidad de Clinker	
	2020	2021	2020	2021
Estados Unidos (incluides Puerto Rico)	89,000	92,000	100,000	100,000
Brasil	61,000	65,000	60,000	60,000
China	2,400,000	2,500,000	2,000,000	2,000,000
Egipto	42,000	40,000	48,000	48,000
India	295,000	330,000	280,000	280,000
Indonesia	65,000	66,000	78,000	79,000
Iran	68,000	62,000	81,000	81,000
Japón	51,000	52,000	53,000	54,000
Korea	48,000	48,000	50,000	60,000
México	48,000	50,000	42,000	42,000
Rusia	56,000	56,000	80,000	80,000
Arabia Saudi	53,000	55,000	75,000	75,000
Turkey	72,000	76,000	92,000	92,000
Vietnam	98,000	100,000	90,000	90,000
Otros países (redondeado)	760,000	810,000	600,000	600,000
<b>Total, mundial (redondeado)</b>	<b>4,200,000</b>	<b>4,400,000</b>	<b>3,700,000</b>	<b>3,700,000</b>

Fuente: Tomado del Servicio Geológico de EE.UU, 2022.

A nivel internacional, muchas industrias están fabricando sustancias derivadas de subproductos que generalmente se tratan como sustancias de desecho e inútiles,

y cuya eliminación de otra forma es una situación difícil, dado que se generan varios millones de toneladas de residuos, cuyo vertido también se considera un gran desafío contra el ambiente. Así mismo, con el propósito de contrarrestar los efectos negativos contra el medio ambiente ocasionados por la mala disposición y desuso de diversos desechos industriales, agrícolas y otros, diversos investigadores se encuentran concentrados en buscar materiales alternativos de bajo costo como sustitutos Rehman et al., (2018) (3).

Según el estudio llevado a cabo por Marathe et al., (2021) los subproductos industriales como escorias (GGBS), ceniza volante (FA) y vidrio (GP) se pueden utilizar con éxito para producir mezclas de concreto de calidad, que, a su vez, pueden ser empleadas en pavimentos para soportar de manera efectiva los vehículos pesados. En base a los resultados que obtuvo, pudo concluir que al añadir un porcentaje de la dosis de GP, el valor de resistencia aumentaba hasta el contenido óptimo de 15% de GP y los incrementos posteriores conducían a una reducción del rendimiento. La fuerza más alta obtenida fue de 68 MPa, la cual se logró con un 15% de sustitución de FA por GP, y esta mezcla se consideró una mezcla óptima. Sin embargo, reconocen que hay pocos campos para futuras investigaciones. Debido a ello, recomiendan desarrollar estudios con mezclas de concreto utilizando residuos de vidrio con otro tipo de aditivos como meta caolín, ceniza de cascarilla de arroz o humo de sílice (4).

Según su publicación Rehman et al., (2018), denominada “Influencia combinada del polvo de vidrio y la escoria granular de acero en las propiedades mecánicas y en fresco del hormigón autocompactante”, en Pakistán, señalan que se producen grandes cantidades de desechos industriales que terminan en vertederos que requieren recursos adicionales. La utilización de estos desechos industriales en la producción de concreto puede ayudar a reducir la polución ambiental y la conservación de recursos naturales. Dado que estos desechos están disponibles en grandes cantidades, sin costo alguno o muy bajo, esto también puede ayudar a reducir el costo del concreto. Diversos investigadores han utilizado desechos industriales como sustituto del cemento y agregados para fabricar mezclas de concreto, como el vidrio en polvo y la escoria de acero, no obstante, no se ha observado su uso combinado para la fabricación de concreto (3).

Así mismo, Dien et al., (2022), indican que la productividad de arroz de Vietnam alcanzó los 42,69 millones de toneladas. Anualmente se generan alrededor de 9 millones en toneladas de cascarilla de arroz (HR), que se desechan principalmente al medio ambiente. Actualmente, solo una pequeña cantidad de HR se usa para producir carbón vegetal, carbón activado o se dispone de relleno en materiales de construcción. La mayor parte de la HR se quema directamente en los campos, lo que contamina el aire y provoca graves problemas de salud (5).

Por su parte, Wagan et al., (2022) señalan que el avance en industrialización y agricultura provocó otro problema que también afecta al medio ambiente: la generación de residuos como sub productos industriales, residuos agrícolas, etc. El vertido de estos residuos necesita una gran área, y si no se vierte apropiadamente, resulta en un peligroso efecto en el ambiente. Desde hace décadas se están haciendo esfuerzos por la construcción la industria y los investigadores para encontrar las formas y los medios para reducir el consumo de cemento en el concreto y utilizar diversos residuos como ingredientes útiles para la elaboración de concreto en general y como aglutinante (6).

A nivel Nacional Según Duran et al., (2020) en el Perú, el enfoque predominante en la gestión de desechos sólidos se enfoca en su recopilación, sin otorgar el cuidado adecuado para su recuperación, sin otorgar la atención necesaria a la recuperación de estos residuos, este enfoque resulta en un desenlace negativo, ya que únicamente el 55% de los desechos producidos en la nación se encuentran en rellenos sanitarios, dejando el restante en vertederos. Por lo tanto, es necesario revelar las diferentes metodologías y alternativas utilizadas actualmente para llevar a cabo la recopilación y reciclaje posterior de desechos sólidos, particularmente plástico, vidrio, cartón y papel.

Según Escobar et al., (2020) en el Perú, debido a que los departamentos del norte son los principales productores de arroz, se produce una gran cantidad de residuos agroindustriales durante su elaboración, siendo la cáscara de arroz el subproducto más relevante en el en el proceso de pilado. Por lo general, estos desechos se disponen en vertederos sanitarios debido a su volumen considerable, que afecta negativamente el medio ambiente, pero podrían ser utilizados de manera más efectiva como material estabilizante. Además, dado que este material es un

subproducto de la producción de arroz, su uso en pavimentos sería más económico que los materiales convencionales, lo que reduciría los costos en el diseño de pavimentos. En Piura, una región que alberga más del 80% de las vías dedicadas al sector agrícola, solo el 24% de estas vías están pavimentadas, dejando el resto sin pavimentar y con condiciones de tránsito deficientes (Castro et al.,2022).

A nivel local, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), a junio del 2023 la población en Lima alcanzó una cifra de 10,151,000 habitantes, los cuales representan el 30,1% de la población total del país (10). Así mismo el distrito de San Martín de Porres al presente año, alcanzó una población ascendente a 770,725 habitantes. Dicho ello, a consecuencia del crecimiento poblacional dentro del casco urbano, se incrementa la demanda de la infraestructura vial; obligando la producción del concreto para vías, el mismo que genera la alta demanda de uso del cemento y agregados naturales provenientes de canteras ubicadas a nivel local. Por otro lado, se observa que el crecimiento de los desechos sólidos como el vidrio resulta ser un problema en su disposición final, generando contaminación ambiental al disponerse en los botaderos y rellenos sanitarios al no ser reutilizados. Por lo descrito la presente investigación plantea alternativas para uso de los desechos sólidos y agroindustriales en la producción del concreto, como remplazo parcial del cemento.

En ese sentido, y siguiendo el vacío teórico en la investigación de Marathe et al., (2021), en el presente estudio se busca extender las alternativas técnicas para la elaboración del concreto para su aplicación en pavimentos mediante el estudio de propiedades físico-mecánicas como la trabajabilidad en estado fresco, resistencia a esfuerzos de compresión y la resistencia de esfuerzos a flexión, utilizando como reemplazo parcial de cemento, combinando en distintas cantidades de ceniza de cáscara de arroz (RHA) y polvo del vidrio desecho (GP) como ingredientes aglutinantes hasta un 25%.

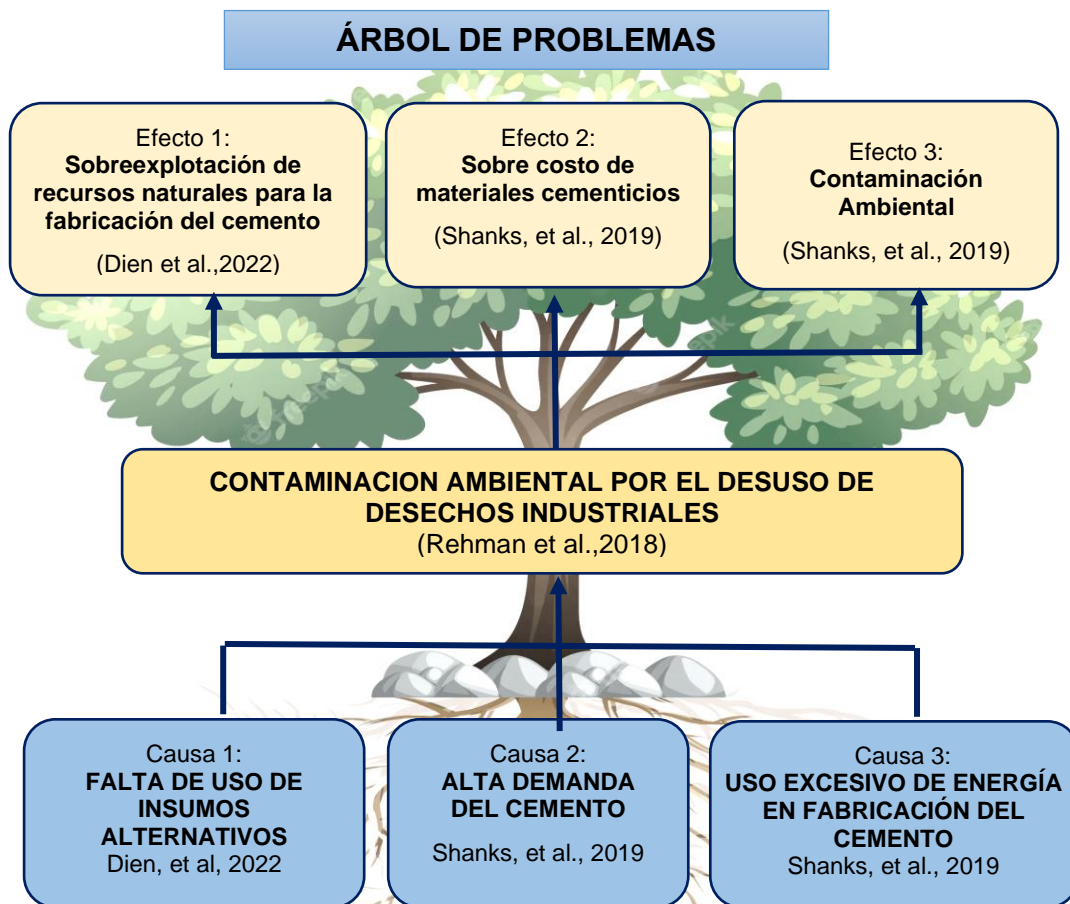


Figura 1. Árbol de problemas.

Fuente: Elaboración propia.

Como alternativa de solución en el presente estudio, se propone investigar la relevancia de los subproductos puzolánicos para su aplicación en concreto de pavimentos, mediante el estudio de trabajabilidad, respuesta a esfuerzos de compresión y esfuerzos de flexión. En este estudio se va desarrollar un concreto, manipulando la combinación de (RHA+GP=25%) como sustituto cementicio, determinando su influencia en las propiedades del concreto. Dicha ejecución se llevará a cabo con la sustitución cementicio al 25% con la combinación entre RHA+ GP en porcentajes de 5%+20%, 10%+15%, 15%+10, 20%+5% y 23%:2% entre ambos respectivamente.

Según los antecedentes, se formula los siguientes problemas. Como Problema General: ¿De qué manera el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye



en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023?. Así mismo, como problemas específicos, PE1: ¿De qué manera el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la Trabajabilidad del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023?; PE2: ¿De qué manera el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la Resistencia a la compresión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023? y PE3: ¿De qué manera el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la Resistencia a la flexión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023?.

Como **justificación teórica**, la importancia del presente estudio busca extender nuevos aportes teóricos al conocimiento científico usando insumos de residuos sólidos y agroindustriales en la elaboración del concreto, para contrarrestar el problema de contaminación ambiental generado por el desuso de dichos residuos, así como la sobreexplotación de áridos natural en la fabricación del cemento. Siguiendo el vacío científico de Marathe et al., (2021) donde recomienda desarrollar mezclas de concreto usando insumos de desechos como el vidrio en combinación con ceniza de cascarilla de arroz ya que son escasas las investigaciones en combinación de dichos insumos. En ese sentido, esta investigación ha tomado en cuenta el uso combinado de insumos de (RHA + GP) como sustituto parcial del cemento, considerando que la ceniza de cáscara de arroz (RHA) es un material altamente puzolánico que forma un gel de hidrato de silicato de calcio (CSH) que podría alcanzar mejoras en la resistencia del concreto y el polvo del vidrio (GP) por su contenido considerable de dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  que aumenta la resistencia a esfuerzos de compresión del concreto. Por lo que el uso combinado de ambos insumos puzolánicos por su alto contenido de silicatos busca mejorar las propiedades del concreto en comparación al diseño de concreto convencional para así reducir el impacto ambiental por el desuso de residuos y la sobre explotación de áridos naturales durante la fabricación del cemento. Los porcentajes de (RHA) y (GP) a explorar se determinaron basado a un análisis detallado de la literatura científica mostrada en la tabla 2, sobre ella se propone explorar nuevos porcentajes de combinación para el presente estudio de investigación cuyo fin es sustituir parcialmente al cemento, logrando cerrar la brecha de conocimiento científico y hacer frente al impacto ambiental. Como aporte se considera explorar nuevos porcentajes en combinación, entre ceniza de cáscara de arroz (RHA) y polvo de

vidrio desecho (GP); ambos insumos como remplazante parcial del cemento hasta un 25% respecto al peso, cuyas combinaciones entre RHA+GP serán exploradas en cinco muestras distintas (M-1: 5%+20%), (M-2: 10%+15%), (M-3:15%+10%), (M-4:20%+5%), y (M-5:23%+2%) respectivamente.

Tabla 2. Porcentajes de uso de insumos por diversos autores

Análisis de Investigaciones	Cita	Porcentaje de (RHA), (GP) y Otros
Lo, et al., 2021, analizaron el uso de 15% de RHA, combinado con 15%CFA y 15%CBA en un concreto, como reemplazo parcial del cemento.	Lo, et al., 2021 (11)	Se establece un rango entre el <b>0% al 15% RHA+</b> <b>0% al 15%CFA +</b> <b>0% al 15%CBA</b>
Safdar, et al., 2022, reemplazaron parcialmente el cemento sobre un concreto, en 7.5 % y 12.5%RHA en combinación con 7.5 % y 12.5% MS+ 1% FS.	Safdar, et al., 2022 (12)	Se determina un rango óptimo de entre el <b>7.5% al 12.5% RHA+</b> <b>7.5% al 12.5% MS</b>
Marathe, et al., 2021, combinaron el 5%, 10%, 15%, 20% y 25% FA con 5%, 10%, 15%, 20% y 25% GP como remplazo parcial del cemento hasta un 25% sobre el concreto.	Marathe, et al., 2021 (4)	Se establece un rango entre el <b>0% al 25% de FA+</b> <b>0% al 25% de GP</b>
Harihanandh, et al., 2022, reemplazaron parcialmente el cemento por 5%, 7,5%, 10%, 12,5% y 15%RHA	Harihanandh, et al., 2022 (13)	Se establece un rango entre el <b>5% al 15% de RHA</b>
Rajendran, et al., 2021, reemplazaron parcialmente el cemento por 5%, 7,5%, 10%, 12,5% y 15%GP	Rajendran, et al., 2021 (14)	Se establece un rango entre el <b>5% al 15% de GP</b>
Arbeláez, et al., 2023, reemplazaron parcialmente el cemento por 1.25%, 1.67%, 2.5% y 5% RHA con 1.25%, 1.67%, 2.5% y 5% GP. Donde (RHA+GP=5%)	Arbeláez, et al., 2023 (15)	Se establece un rango entre el <b>1.25% al 5% de RHA</b> <b>1.25% al 5% de GP</b>
<b>PROPUESTA:</b> Se propone explorar la combinación de RHA y GP en distintos porcentajes como sustituto del cemento. Ya que son escasas las investigaciones en la combinación de estos dos insumos. La presente investigación busca cerrar la brecha de conocimiento científico y hacer frente a la contaminación ambiental con el uso de insumos a partir de residuos solidos y agroindustriales.	Presente investigación	<b><u>RHA:GP</u></b> <b>M-1: 5% : 20%,</b> <b>M-2: 10% : 15%,</b> <b>M-3: 15% : 10%,</b> <b>M-4: 20% : 5%,</b> <b>M-5: 23% : 2%</b>  (Sustituto del cemento con GHA+GP = 25%)

Fuente: Elaboración propia.

En base a las investigaciones mostradas en la presente tabla, se observa que las investigaciones han abordado diferentes combinaciones de estos insumos. Asimismo, son escasas las investigaciones que abordan la combinación de RHA con GP, por lo que en la presente investigación para cubrir el vacío nos abocaremos a analizar la combinación de dichos insumos dentro de las propiedades del concreto, que a su vez servirán de base para las futuras investigaciones. Se considera como aporte explorar la combinación como sustituto del cemento, sustituyendo con ceniza de cáscara de arroz (RHA) en 5%,10%,15%,20% y 23% en conjunto con polvo de vidrio desecho (GP) en 2%,10% y 15%,20%; ambos insumos en conjunto como remplazante parcial del cemento hasta un 25% respecto al peso. Dichos valores se eligieron estratégicamente ya que investigaciones anteriores no exploraron dichos valores ni la combinación de los dos insumos, lo que conlleva a investigar el impacto de estas combinaciones dentro de las propiedades del concreto.

**Justificación práctica** se plantea dar soluciones frente al problema por la alta demanda en la explotación de recursos de áridos naturales para la fabricación del cemento, por ello se plantea el uso combinado de residuos como RHA y GP en sustitución parcial del material cementicio en la producción de concreto, ayudando a reducir el uso del cemento y volumen de desechos en los vertederos. Además, esta investigación servirá como fundamento para investigaciones posteriores, explorando la combinación de estos dos insumos y su implementación en situaciones reales. En cuanto a justificación económica radicará en la disminución del costo en la producción del concreto mediante la utilización parcial de materiales descartados en lugar de cemento.

El objetivo general es, demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio influyen en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023; y los objetivos específicos OE1: Demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la trabajabilidad del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023; OE2: Demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la resistencia a esfuerzos de compresión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023; OE3: Demostrar como el uso de residuos de

cáscara de arroz y vidrio, influye en la resistencia a esfuerzos de flexión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.

Como resultado se plantea el hipótesis general, HG: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, Si influye en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023; del mismo modo tenemos como hipótesis específicos, HE1: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la Trabajabilidad del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023; HG2: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la resistencia a la compresión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023; y HE3: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la Resistencia a la flexión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes

A nivel Internacional, Haque et al.,(2021), en su artículo titulado “Prediction and optimization of the fresh and hardened properties of concrete containing rice hush ash and glass fiber using response surface methodology” indican que se vienen realizando esfuerzos sustanciales en todo el mundo para la utilización adecuada de desperdicio de materiales y subproductos como materiales complementarios para producir concreto sostenible, indicando que la ceniza de cáscara de Arroz (RHA) y fibra de vidrio (GF) son aquellos materiales que pueden contribuir a optimar las propiedades del concreto. Tuvieron como objetivo evaluar el efecto de ceniza de cascara de arroz RHA a modo de sustituto del cemento y la fibra de vidrio GF como un elemento de refuerzo añadido en las propiedades del concreto, desarrollar y evaluar modelos predictivos para las respuestas deseadas y, finalmente, optimizar las mezclas de concreto para aplicaciones en la construcción. Cuyo estudio fue desarrollado de tipo experimental; logrando la sustitución de cemento por RHA en proporciones variables de 0%, 15% y 30% con tres diferentes porcentajes volumétricos y GF de (0.04%, 0.06% y 0.08%). Recolectaron la cáscara de arroz de un molino de arroz local de Bangladesh, se quemó en el laboratorio utilizando un horno de mufla a 500 °C durante 2 horas y se pulverizaron con molino de bolas para alcanzar una dimensión de partícula promedio de 45  $\mu\text{m}$ , así mismo la GF fue seleccionada con una longitud de 12 mm en promedio. Como resultado obtuvieron que en la respuesta a esfuerzos de compresión y tracción después de 28 días para muestra de control sin contenido de RHA y GF fue de 20,35 MPa y 2,12 MPa, respectivamente. Sin embargo, el resultado mediante modelos matemáticos (RSM), en la respuesta a esfuerzos de compresión y tracción al día 28, han logrado la respuesta de la dosificación óptima en la combinación de 16,05% de RHA en reemplazo de cemento y la inclusión de 0,08 % de GF, logrando un resultado optimizado de 27.71 MPa y 3.75 MPa, respectivamente; demostrando un incremento de 36,16 % y 76,89 % superiores a las del hormigón de control. Así mismo, indican que la disminución de la resistencia al aumentar el reemplazo de RHA por encima del contenido óptimo se debe a la falta de proceso de hidratación de una cantidad adicional de sílice con contenido de cemento reducido, así mismo las respuestas deseadas se han optimizado estableciendo las ecuaciones del

modelo, y se ha encontrado la mezcla optimizada con 16,05 % RHA y 0,08 % GF según los resultados de RSM, que se ha validado experimentalmente con menos del 5 % de error.

Así mismo, en el artículo de investigación “Effect of coal ash and rice husk ash partial replacement in ordinary Portland cement on pervious concrete” de Lo et al., (2021) (11), una forma efectiva de reutilizar ceniza volante de carbón (CFA), ceniza de fondo de carbón (CBA) y cenizas de la cáscara de arroz (RHA) como reemplazos cementicios en el concreto permeable. Tuvieron como objetivo investigar la reutilización de diferentes tipos de cenizas de temperatura sinterizada mediante el reemplazo parcial simple y binario de los materiales OPC en concreto permeable. Desarrollaron un estudio de tipo experimental, logrando sustituir el cemento por un 30% de materiales de ceniza por volumen en proporciones de (15% de RHA y 15% de CFA) y (15% de RHA y 15% de CBA) con 13 diferentes porcentajes volumétricos incluido la mezcla de control. La obtención de materiales para el estudio, específicamente la cascarilla de arroz, se secaron primero en un horno a 105 °C durante 24 h y luego se enviaron a un horno de alta temperatura (H-06, Hang Yang industria) para la sinterización a diferentes temperaturas (550, 900 y 1100 °C). El RHA se produce en un horno de alta temperatura después de la sinterización a diferentes temperaturas (550 y 900 °C). Los autores en su resultado obtuvieron que en resistencia a esfuerzos de compresión en lo relacionado al concreto permeable a 7, 28 y 90 días se midió de 23,86 a 61,23 MPa, mientras que el contenido de vacíos estuvo entre 8,3 y 35,21%. Los resultados también indicaron que el reemplazo de cenizas en el concreto permeable se vio afectado por la reacción puzolánica, y el mayor contenido de finos de la ceniza molida (12.92 - 40.17  $\mu\text{m}$ ), en comparación con el OPC (42.4  $\mu\text{m}$ ), generó un mayor volumen de pasta, hormigón más denso, menor permeabilidad y mayor respuesta a esfuerzo de la compresión. El uso de SCM en este estudio puede reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> y es potencialmente beneficioso para el medio ambiente.

Según Safdar et al. (2022) (12) en su artículo titulado “Mechanical properties, flexural behavior, and chloride permeability of high-performance steel fiber-reinforced concrete (SFRC) modified with rice husk ash and micro-silica”, para mejorar la unión fibra-matriz y el rendimiento macromecánico del concreto incrementando la fibras de acero (SFRC), se centraron para modificación la matriz

del cemento mediante adicionando dos materiales cementicios suplementarios (SCM) ecológicos, conformados por (RHA) y microsílíce (MS) en las fibras de acero, se observaron y caracterizaron mediante la realización de varias pruebas de macromecánicas, es decir, respuesta a fuerzas compresivas, tracción por división y comportamiento en deflexión de carga. Tuvieron el objetivo de examinar el comportamiento macromecánico del concreto SFRC mediante el uso de dos SCM silíceos, es decir, RHA y MS . Cuyo estudio fue desarrollado de tipo experimental usando el cemento tipo I, llegaron a sustituir el 0%, 7,5% y 12,5% por volumen cemento tanto la RHA como el MS y la cantidad de fibra de acero se seleccionó por 1 % en volumen de mezcla de concreto, es decir, 78 kg/m<sup>3</sup>, para lo cual produjeron un total de 10 especímenes de mezclas de concreto. Se diseñaron dos familias de concreto, concreto simple (PC) y SFRC, con diferentes niveles de RHA y MS. La RHA se obtuvo después de la activación térmica de las cáscaras de arroz quemadas a 750 °C durante 2 horas. Las cáscaras de arroz se obtuvieron de un molino de arroz local. Abundantes cantidades de RHA y MS están disponibles localmente en Punjab, Pakistán a precios más baratos que OPC. Como resultado obtuvieron que con la adición combinada de 7,5 % de RHA y 1 % de fibra de acero, se experimentó un incremento neto de 15 a 20 % en la resistencia a la compresión. Así mismo el SFRC que contiene RHA y MS a un nivel del 7,5 % exhibe un 11 % y un 28 % más de resistencia a la flexión FS que el del control SFRC y el SFRC que contiene un 7,5 % de MS exhibe un 96 % más de FS que el del PC de control. Los resultados también indicaron que la incorporación de MS y RHA superó el impacto negativo de añadir fibra de acero sobre la porosidad del concreto. Los resultados de las pruebas Velocidad de pulso ultrasónico UPV también confirmaron que las mezclas minerales (7,5% de RHA, 7,5% de MS y 12,5% de MS) fueron beneficiosas para la impermeabilidad del SFRC. La incorporación de RHA al 7,5 % tuvo un efecto notable en la eficiencia de las fibras de acero en la CS, debido a que se experimentó un incremento neto de 15 a 20 % en la CS con la adición combinada de 7,5 % de RHA y 1 % de fibra de acero. El efecto de modificación de dicha fibra sobre CS fue mayor en mezclas con un nivel bajo (es decir, 7,5 %) tanto de MS como de RHA.

Tambien, Marathe et al., (2021) en su artículo de investigación titulada “Durability and microstructure studies on Slag-Fly Ash-Glass powder based alkali activated

pavement quality concrete mixes”, en la perspectiva de una mayor vigilancia para reducir la producción de Cemento Portland Ordinario (OPC), la comunidad de investigación concretera se centró inicialmente con éxito superior en el posible uso de "materiales provenientes de los desechos industriales" tales como cenizas volantes, escoria, vidrio de desecho, etc., como reemplazos parciales del OPC. En este estudio, desarrollaron el diseño de concreto activado con álcali (AAC) utilizando escorias de alto horno granulada molida GGBS, cenizas volantes FA y vidrio de desecho GP como ingredientes. Cuyo estudio fue desarrollado de tipo experimental. Las mezclas AAC fueron diseñadas para obtener un concreto de calidad de pavimento (PQC) de grado M-45 utilizando escoria de (GGBS) y (FA) como ingredientes aglutinantes en proporciones de 75:25 como reemplazo del 100% de cemento, incorporando (GP) en proporción de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en sustitución de (FA). Sobre la base de las investigaciones preliminares, en el diseño se seleccionó el Na<sub>2</sub>O al 4% y el módulo de activador (Ms) = 1,25. Las mezclas de AAC seleccionadas se probaron con esfuerzos sometidos a compresión y tensión, resistencia a esfuerzos de flexión, peso unitario, elasticidad modular, propiedades de durabilidad, etc. Como resultado, obtuvieron la mayor respuesta en la resistencia a esfuerzo de compresión de 68 MPa, lo cual se logró con un 15 % de sustitución de FA por GP en una mezcla que contenía una dosis modular de 1,25 con un 4 % de Na<sub>2</sub>O, y esta mezcla se consideró una mezcla óptima. A partir de los resultados de (4), se deduce que, para la mezcla preparada con Ms de 1,25, que contiene un 15 % de polvo de vidrio y un 10 % de cenizas volantes, además de un 75 % de aglutinante de GGBS, se puede considerar como la mezcla óptima para que todas las propiedades mecánicas preliminares con respecto a la resistencia a esfuerzo compresiva a 28 días, la resistencia a esfuerzo de tracción dividida y la resistencia a flexión estática) resultaron ser superiores. La resistencia máxima al 15% de reemplazo por polvo de vidrio (en una mezcla óptima de AAC de Ms = 1.25) puede deberse a la reacción puzolánica del polvo de vidrio hasta límites definidos mientras se ha restaurado como ingrediente cementante en mezclas de concreto aglutinante durante la fabricación de mezclas de concreto. Por lo tanto, para todas las investigaciones posteriores, podría considerarse utilizar esta mezcla (Ms = 1,25, con 15 % de polvo de vidrio) como la dosificación óptima.



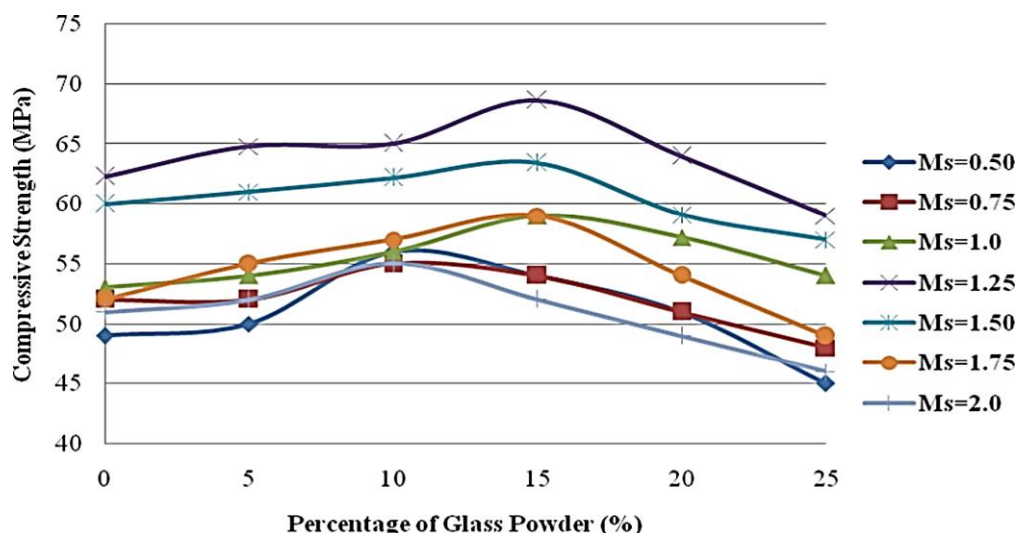


Figura 2. Reporte de respuesta a esfuerzos a la compresión de mezclas AAC después de 28 días de curado al aire. Tomado de (3, p. 7).

A nivel Nacional se tiene la investigación de **Campos y Hoyos (2022)** (17) en su tesis titulada “Uso de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto  $f'c=280$  kg/cm”, quienes tuvieron como propósito principal mejorar las características del concreto  $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>, centrándose en aumentar su resistencia a la compresión y a flexotracción. Para lograr esto, desarrollaron investigaciones con el objetivo de desarrollar un concreto que incorporara la RHA, junto con áridos provenientes de la cantera Santa Rosa, situada en la ciudad de Jaén; cuya investigación se basó en un diseño de investigación cuasiexperimental. Llegando a sustituir parcialmente al cemento con RHA en porcentajes 0.5%, 1%, 3% y 5% cuyo propósito fue mejorar los esfuerzos ( $f'c$ ) y ( $Mr$ ) para concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados indicaron que hasta con la sustitución del 1% de RHA en el concreto patrón  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup>, se halló un incremento en la resistencia a esfuerzos de compresión, así mismo en la resistencia a la flexotracción ( $MR$ ), obtuvo un aumento al agregar un 5% de RHA a la mezcla. Concluyeron que, la cantidad óptima encontrada del % de RHA para optimizar la resistencia a esfuerzos de compresión fue del 1%, lo cual aumenta en un 35%, y para aumentar la capacidad de flexotracción, se requiere una adición del 5% de RHA, lo que incrementa el  $MR$  en un 24% en el mismo tipo de concreto.

Según Arteaga y Caccha (2022) (18) en su tesis “Comparación en la adición de cenizas de la cascarilla de arroz y café para mejorar las propiedades del concreto  $F'C$  210kg/cm<sup>2</sup> en edificaciones, Ica 2021”, llevaron a cabo una comparación entre

los impactos de reemplazo de la ceniza de cáscaras de arroz y la ceniza de café con el propósito de mejorar las características del concreto, cuya resistencia característica es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, el tipo de investigación realizada fue de carácter aplicado, específicamente con enfoque en el diseño experimental. El estudio involucró sustituir el cemento por cascarillas de arroz y café en diferentes proporciones (5%, 10% y 15%). Estas mezclas fueron sometidas a ensayos a los 7, 14 y 28 días, y posteriormente comparadas con el concreto de patrón diseñado de manera convencional. Después de 28 días, se obtuvo como resultado que la mayor resistencia alcanzada en el concreto fue con una ceniza reducida del 5% de cascarilla de café, logrando una resistencia de  $f'c=373,22$  kg/cm<sup>2</sup>. Le siguió la mezcla con 5% de RHA, la cual alcanzó una resistencia de 358,73 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente la mezcla patrón con diseño de  $f'c=355.65$  kg/cm<sup>2</sup>. Como resultado, llegó a la conclusión de que la composición con una aumentó de 5% de ceniza de cascarilla de café desarrolló la resistencia más óptima, superando la resistencia del concreto patrón. Durante la prueba de asentamiento (slump), obtuvieron que en las muestras con una añadidura de 5% y 10% de las dos cenizas se mantuvieron dentro de los parámetros preestablecidos por el diseño de la mezcla, con que valores oscilaron entre 3" y 4 ". Sin embargo, en el caso de las muestras con un incremento de 15% de las cenizas de cascarilla de café y arroz, los resultados fueron inferiores a los establecidos en el diseño patrón. Según los hallazgos presentados, se logró una resistencia óptima al agregar un 5% de ceniza de cascara de café, logrando el valor en compresión de  $f'c = 373.22$  kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días, cuyo resultado superó la resistencia obtenida en el concreto patrón.

En tesis titulado "Incorporación de ceniza de cascarilla de arroz para aumentar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Moyobamba 2021" de Gonzales y Ventura (2021) (19), tuvieron el propósito de evaluar la resistencia del concreto mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz en una mezcla con una resistencia característica de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en Moyobamba, durante el año 2021, se realizaron pruebas para determinar el esfuerzo a compresión al emplear RHA como un sustituto del agregado fino en la mezcla. Cuya investigación fue de tipo experimental, utilizando una muestra poblacional compuesta por 36 probetas cilíndricas. Para llevar a cabo el estudio, aplicaron el arte de observación empleando formatos estándar como instrumentos de recolección de datos. En el

laboratorio, se realizaron mezclas de concreto utilizando diferentes porcentajes de CCA, específicamente 1.50%, 3.00% y 4.50%. Como resultado, se observó un acrecentamiento en la resistencia a esfuerzos de compresión al incorporar un 1.50% y un 3.00% de CCA, cuyo valor promedio fue  $f'c=266$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c =256$  kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, después de 28 días. A partir de los resultados, concluyen que los porcentajes óptimos para la sustitución de ceniza de cascarilla de arroz en un concreto con una resistencia característica de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> son del 1,50% y del 3,00%.

Por su lado Torres (2021) (20) en su tesis titulado “Aplicación de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades del concreto de  $F'c = 245$  kg/cm<sup>2</sup>, Lima 2021”, tuvo como objetivo el uso de RHA con la finalidad de evaluar su efecto en características propias del concreto con una tenacidad de  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup> en Lima, realizó un diseño de mezcla y se llevaron a cabo diversos ensayos, incluyendo granulometría, peso unitario, peso específico, módulo de fineza, ensayos de compresión, tracción y asentamiento. Se aplicó una metodología de diseño cuasiexperimental, enfocada en lo cuantitativo y con un tipo de investigación explicativo. Llegó a incorporar la cáscara de arroz en 10%, 15% y 20% con el fin de determinar la influencia en la respuesta a esfuerzos de aplastamiento  $f'c$  de  $f'c=245$  kg/cm<sup>2</sup>. Como resultado obtuvo que al incorporar como sustituto cementicio un 10% de RHA en la mezcla diseñada, aumentó un 19.28% en la resistencia a esfuerzos de compresión, incorporando 15% de RHA aumentó la resistencia a esfuerzos de tracción en un 15.38%, y con el reemplazó de RHA al 10%, 15% y 20% en peso del cemento, se observó una mengua en la trabajabilidad del concreto. Por lo que encomienda que, en futuras investigaciones, la relación de reemplazo de RHA debe ser proporcional a la cantidad de agua utilizada. En base al resultado obtenido, concluye que la sustitución de 10% de RHA, garantiza un incremento en la respuesta a esfuerzos de compresión al 19.28%, mientras que con un 15% de RHA, se obtiene un acrecentamiento en la resistencia a la tracción del 15.38%.

## Base Teórica

**Variable independiente: Ceniza de cáscara de arroz (RHA)** se obtiene a partir de un proceso de secado y quemado de cáscara de arroz, mediante un horno eléctrico a temperaturas de 700 °C (21). La RHA tiene numerosas propiedades como, aislante, puzolánico y absorbente y se obtiene mediante un procedimiento de incinerado de la cáscara de arroz a través del uso un horno con temperaturas que oscilan entre 400 °C y 1100 °C, cuyo resultado es la RHA con alta actividad puzolánica que permanece en forma de sílice amorfa o cristalina (22). La RHA de alta calidad se obtiene quemando cascarilla de arroz HR a una temperatura de 400°C a 600°C y enfriando lentamente el RHA resultante durante 6-8 horas, cuyo contenido de sílice obtenido para RHA es 93.47% lo que convierte en altamente silíceo y calificado como materiales cementicios suplementarios SCM (23).



Figura 3. a)-Cáscara de arroz, (b)-Ceniza en estado amorfo pre quemado, (c)- Polvo de ceniza 150  $\mu\text{m}$ , quemado a 600°C. Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Composición química del cemento, polvo de vidrio y ceniza de cascarilla de arroz

Componente	Nombre de compuesto	Cemento (%)	GP (%)	RHA (%)
SiO <sub>2</sub>	Dióxido de silicio	24.17	68.03	92.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Aluminio	6.83	1.51	0,030
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de Hierro	3.21	1.13	0,190
CaO	Óxido de Calcio	55.34	11.65	0,730
SO <sub>3</sub>	Trióxido de Azufre	5.99	0,950	0,320

K <sub>2</sub> O	Óxido de Potasio	2.00	0,540	4.08
MgO	Óxido de Magnesio	0,760	0,080	0,390
Na <sub>2</sub> O	Óxido de Sodio	0,420	15.88	0,080
MnO	Monóxido de manganeso	0,300	0,009	0,220
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	óxido de fósforo	0,190	0,030	1.48
Cl	cloro	0,090	0,030	0,250
Sr	Estroncio	0,08	0,007	0,006
Otros		0,62	0,154	0,014

Fuente: Tomado de Arbeláez, et al., 2023 (15).

Así mismo como variable independiente se tiene **Polvo de vidrio desecho (GP)** la cual se obtiene triturando el vidrio desecho hasta lograr un polvo muy fino hasta pasar por un tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (4). El GP se obtiene a través de un proceso de trituración que reduce el tamaño del polvo de vidrio, utilizando un molino manual de tolva de la marca Corona. Para ello, se muelen cantidades de 200 a 300 gramos de residuos de vidrio triturado, los cuales se colocan en la tolva del molino. Este molino consta de un mecanismo con dos discos dentados que se acciona manualmente mediante una palanca. El vidrio molido sale triturado por estos discos y se descarga en un recipiente (15). Debido a su abundante contenido de sílice en forma amorfa, los vidrios tienen el potencial de actuar como materiales puzolánicos cuando se muelen en partículas muy finas. Esto ofrece una oportunidad interesante para reutilizar estos residuos en la industria del cemento (24).

**La Trabajabilidad.** También conocida como manejabilidad, se describe como la facilidad con la que la mezcla del concreto logra ser preparado, transportado, colocado, compactado y finalizado, garantizando su uniformidad e impidiendo la segregación o exudación, (25). Es el grado de facilidad con la que es mezclado, instalado, compactado y finalizado a excepción de sufrir segregación o exudación. Actualmente, no hay experimento para cuantificar su propiedad específicamente; por lo general se evalúa mediante la prueba de consistencia, que está determinado por su grado de humedecimiento del concreto en su estado fresco, siendo principalmente influenciada por la cantidad de agua utilizada. La prueba de consistencia, conocido además como ensayo de slump test, se emplea para determinar la conducta de la mezcla de concreto. Esta prueba fue perfeccionada

por Duft Abrams y posteriormente adoptada por ASTM en 1921, siendo finalmente revisada en 1978 (26).

**Resistencia a la compresión.** Se entiende como el esfuerzo en ruptura, calculado como el promedio de la resistencia de dos cilindros estándar con diámetro de 150mm o tres cilindros con diámetro de 100 mm, medidos a los 28 días o menos. Sin embargo, en la construcción de proyectos de ingeniería, a menudo se fortalecen los períodos ambientales más prolongados para determinar la resistencia a la compresión (25). La resistencia del concreto no se puede evaluar en su estado fresco, por lo que el modo habitual consiste en tomar muestras durante la mezcla, las cuales, después de haber sido curadas debidamente, son sometidas a pruebas a esfuerzos de compresión. La respuesta a esfuerzos de compresión del concreto se precisa como la máxima carga que una unidad de área de la muestra puede soportar antes de fallar por compresión, es decir, antes de que se produzcan grietas o fracturas. La resistencia a la compresión de un concreto ( $f'_c$ ) debe lograrse al día 28 posteriormente de haber sido colocado y haber completado un proceso de curado adecuado (26).

**Resistencia a la flexión.** La resistencia a esfuerzos de flexión del concreto, también conocida como módulo de rotura (MR), juega un papel crucial en estructuras de hormigón sencillas, como pavimentos y pisos industriales. Se evalúa mediante la aplicación de una carga de flexión en el tercio medio de una vigueta estándar de concreto (25). El resultado de la respuesta a esfuerzos de flexión para el concreto se ejecuta a través de la prueba de vigas cuadradas de longitud=500 mm y lados=150 mm, las cuales son moldeadas y debidamente curadas conforme a normas ASTM C-192 y C-31. Dicho procedimiento de ensayo, especificado por norma ASTM C-78, implica apoyar las vigas a una distancia mínima de 2,5 cm los extremos, en el centro con una luz de 450 mm, y aplicar carga en 2 puntos ubicados en los tercios medios de la luz. La respuesta al esfuerzo máximo de flexión obtenido se conoce como módulo de rotura (MR) y se determina utilizando la fórmula 6.6 en el caso que el fallo se da en el tercio medio de la luz libre de viga (27).

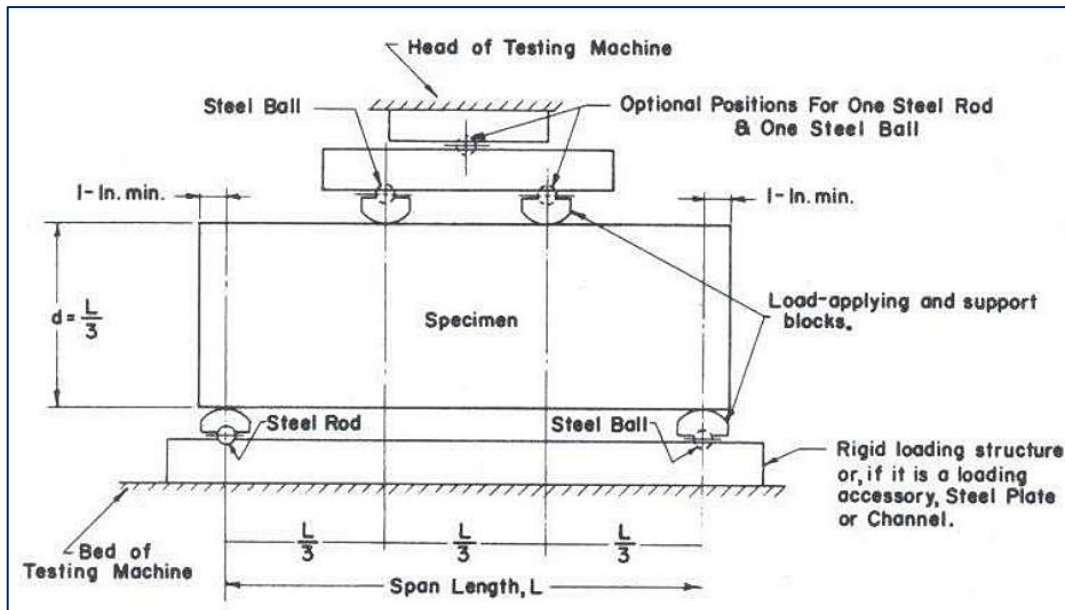


Figura 4. Diagrama de posición del espécimen de viga para prueba a flexión.

Tomado de Norma ASTM C-78.

**Propiedades del concreto.** Las particularidades del concreto se clasifican en estados: fresco y endurecido. Ya que el concreto, siendo una roca artificial, presenta dos etapas claramente definidas: la fresca y la resistente. La primera, aunque temporal, es de gran importancia en cuanto al desarrollo de todas las propiedades en estado endurecido, especialmente la resistencia y la durabilidad. Sin embargo, debido a la complejidad de los materiales que lo componen, resulta difícil establecer un método exacto para predecir su fluidez. Por este motivo, cuando se trata del concreto en estado fresco, suele referirse a la "trabajabilidad", que en cierto modo abarca la reología del material Martallana (2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**La investigación de tipo aplicada** se nutre del enfoque básico o puro, ya que a través de la teoría busca resolver problemas prácticos. Por lo general, este tipo de investigación se emplea en campos como medicina o ingenierías. Los alcances que pueden ser establecidos en esta investigación son de tipo explicativo o predictivo (28). En esta investigación se recurre a investigaciones previas sobre las variables involucradas, las cuales son manipuladas con el propósito de dimensionar el efecto de la combinación de RHA y GP en las propiedades del concreto, reemplazando parcialmente al cemento. Esto se realiza con el propósito de reducir el consumo de cemento y de este modo, reducir la huella de carbono que contribuye al cuidado del medio ambiente.

**La investigación de enfoque cuantitativo** sigue un procedimiento secuencial y probatorio donde se recolectan datos objetivos con valores numéricos, para su posterior medición y análisis mediante técnicas estadísticas que permiten comprobar una hipótesis y dar respuesta a un determinado problema (30, p. 37). Por otro lado, se denomina como investigación cuantitativa a aquellos trabajos que se realizan en las áreas de las ciencias numéricas y la ingeniería y para ello se hace el uso de la estadística deductiva, este enfoque analiza datos numéricos de las variables asignadas para la investigación (29). El presente estudio de investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se utilizarán datos estadísticos y numéricos.

**El diseño de la investigación cuasi experimental**, son esenciales en el ámbito aplicado y se caracterizan por ser esquemas de investigación no aleatorios. Dado que no se realiza una estimación aleatoria, no es posible determinar con precisión la equivalencia inicial entre los grupos, a diferencia de lo que ocurre en diseños experimentales puros (30). En este estudio se analizarán las propiedades del concreto al agregar distintos porcentajes (5%, 10%, 15%, 20% y 23%) de cenizas de cáscara de arroz (RHA) y polvo de vidrio desechado (GP) a la mezcla, reemplazando parcialmente el cemento. El



objetivo es comparar estas nuevas características entre sí y con la mezcla de control.

**El nivel de la investigación explicativa**, se basa en identificar las razones detrás de los eventos o fenómenos que se están estudiando. Los estudios explicativos no se limitan a la descripción de fenómenos o conceptos, ni al establecimiento de relaciones entre ellos; en cambio, su objetivo se centra en dar respuesta a las causas que subyacen a los hechos y fenómenos físicos o sociales. Así como indica su nombre, su enfoque se afana en explicar el motivo detrás de las ocurrencias de un fenómeno y bajo qué circunstancias se manifiestan, o por qué existen relaciones entre dos o más variables (29). Este estudio se centrará en demostrar la relación causa-efecto entre las variables, en particular cómo el concreto reacciona ante la sustitución parcial del cemento por residuos como RHA y GP, con un enfoque explicativo.

### **3.2. Variables y operacionalización:**

Las variables deben ser evaluadas, observadas y deducidas en base a un análisis teórico; en otras palabras, a través de estas variables se obtienen datos de la realidad investigada, tal como mencionan (29).

Variable Independiente: Ceniza de cáscara de arroz (RHA) y polvo de vidrio desecho (GP)

Variable Dependiente: Propiedades del concreto.

La operacionalización hace referencia a un conjunto de procedimientos y actividades creadas con el propósito de medir una variable (29).

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Hace referencia al conjunto completo de elementos que constituyen la realidad que será objeto de investigación, es decir, es el conjunto universal específico de una investigación. También puede ser definido como el grupo extenso y complejo de individuos, elementos o unidades de la realidad que comparten características comunes y observables (Quincho, et al., 2022). La población de estudio consta en 0.36 m<sup>3</sup> de volumen de mezcla, con una resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, conformado por la muestra de control y las muestras que sustituyen parcialmente el 25% del cemento con una combinación de residuos

de RHA y GP. Se ha planteado la investigación con 6 tipos de muestras que se componen de la siguiente manera: 1 muestra de control de 0,06 m<sup>3</sup> de concreto, y 5 muestras de sustitución con distintas combinaciones de residuos, haciendo un total de 0.30 m<sup>3</sup> de muestras combinadas. Las combinaciones como sustituto parcial del cemento se harán en porcentajes de (RHA+GP=25%), en los siguientes porcentuales 5%RHA+20%GP, 10%RHA+15%GP, 15%RHA+10%GP, 20%RHA+5%GP y 23%RHA+2%GP.

Tabla 4. Determinación de la Población de acuerdo al tipo de muestra.

Según tipo de muestra y sustitución				N° Probetas / Compresión - (día)			N° viga / Flexión	N° Cono de Abrams / Trabajabilidad	Volumen por Tipo de Muestra	Volumen por muestra - Según laboratorio (m <sup>3</sup> )
N°/ Tipo Muestra	Muestra	RHA (%)	GP (%)	7	14	28	28 días	In situ	V=(Cantidad x Vol.Unit)	
0	<b>MUESTRA DE CONTROL:</b> Concreto f'c=210 kg/cm <sup>3</sup>	0	0	3	3	3	3	1	0.054	0.060
1	<b>MUESTRA CON SUSTITUTO PARCIAL:</b> Concreto f'c=210 kg/cm <sup>3</sup> según diseño: Cemento = 70% y RHA+GP = 25%	5	20	3	3	3	3	1	0.054	0.060
2		10	15	3	3	3	3	1	0.054	0.060
3		15	10	3	3	3	3	1	0.054	0.060
4		20	5	3	3	3	3	1	0.054	0.060
5		23	2	3	3	3	3	1	0.054	0.060
<b>Sub total N° Muestra</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>0.32</b>	<b>0.36</b>
<b>Total N° Muestra</b>				<b>78</b>						

Fuente: Elaboración propia.

Normas:

- Diseño de Mezcla: ACI 211.1-22 patrón fc=210
- Compresión de Probetas: ASTM C39/C39M-20, edades de 7,14 y 28 días
- Flexión en prismas: ASTM C78/C293, a 28 días
- Muestreo Probabilístico: ASTM E105-16
- Frecuencia de ensayos: E.060 Concreto Armado Cap.5 (5.6.2.3)

**Criterios de Inclusión:**

- ✓ Mezcla de Concreto f'c=210kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Probetas de concreto con 7,14 y 28 días de edad para ensayos a compresión.
- ✓ Vigas prismáticas de concreto para ensayos a flexión de 28 días de edad.
- ✓ Probetas cilíndricas con diámetro de 4" y altura de 8".
- ✓ Moldes prismáticos para viga de 150 x 150 x 600mm.

- ✓ Molde Cono de Abrams con 100mm y 200mm de base y 300 mm de altura.
- ✓ Curado estándar en agua.

**Criterios de Exclusión:**

Probetas con presencia de grietas visibles.

Probetas cuyas dimensiones estén fuera de las tolerancias especificadas.

Probetas contaminadas durante la producción.

Probetas con situaciones de curado anómalas.

Probetas con daños durante el transporte.

Tabla 5. Base teórica para determinación de % de insumos a estudiar

<b>Análisis de la Investigaciones</b>	<b>Cita</b>	<b>% (RHA), (GP) y Otros</b>
Lo, et al., 2021, analizaron el uso de 15% de RHA, combinado con 15%CFA y 15%CBA en un concreto, como reemplazo parcial del cemento.	Lo, et al., 2021	Se establece un rango entre el <b>0% al 15% RHA+</b> <b>0% al 15%CFA +</b> <b>0% al 15%CBA</b>
Safdar, et al., 2022, reemplazaron parcialmente el cemento sobre un concreto, en 7.5 % y 12.5%RHA en combinación con 7.5 % y 12.5% MS+ 1% FS.	Safdar, et al., 2022	Se determina un rango óptimo de entre el <b>7.5% al 12.5% RHA+</b> <b>7.5% al 12.5% MS</b>
Marathe, et al., 2021, combinaron el 5%, 10%, 15%, 20% y 25% FA con 5%, 10%, 15%, 20% y 25% GP como remplazo parcial del cemento hasta un 25% sobre el concreto.	Marathe, et al., 2021	Se establece un rango entre el <b>0% al 25% de FA+</b> <b>0% al 25% de GP</b>
Harihanandh, et al., 2022, reemplazaron parcialmente el cemento por 5%, 7,5%, 10%, 12,5% y 15%RHA	Harihanandh, et al., 2022	Se establece un rango entre el <b>5% al 15% de RHA</b>
Rajendran, et al., 2021, reemplazaron parcialmente el cemento por 5%, 7,5%, 10%, 12,5% y 15%GP	Rajendran, et al., 2021	Se establece un rango entre el <b>5% al 15% de GP</b>
Arbeláez, et al., 2023, reemplazaron parcialmente el cemento por 1.25%, 1.67%, 2.5% y 5% RHA con 1.25%, 1.67%, 2.5% y 5% GP. Donde (RHA+GP=5%)	Arbeláez, et al., 2023	Se establece un rango entre el <b>1.25% al 5% de RHA</b> <b>1.25% al 5% de GP</b>
<b>PROPUESTA:</b> Se propone explorar la combinación de RHA y GP en distintos porcentajes como sustituto del cemento. Ya que son escasas las investigaciones en la combinación de estos dos insumos.	Presente investigación	<b>RHA:GP</b> <b>M-1: 5% : 20%,</b> <b>M-2: 10% : 15%,</b> <b>M-3: 15% : 10%,</b> <b>M-4: 20% : 5%,</b> <b>M-5: 23% : 2%</b>  (Sustituto del cemento con GHA+GP = 25%)

Fuente: Elaboración propia.

En base a investigaciones mostradas en la tabla 5, se observa que estas han abordado diferentes combinaciones de estos insumos. Asimismo, son escasas las investigaciones que abordan la combinación de RHA con GP, por lo que en la presente investigación para cubrir el vacío nos abocaremos a analizar la combinación de dichos insumos dentro de las propiedades del concreto, que a su vez servirán de base para las futuras investigaciones. Se considera como aporte explorar la combinación como sustituto del cemento, sustituyendo (RHA) en 5%,10%,15%,20% y 23% en conjunto con polvo de vidrio desecho (GP) en 2%,10% y 15%,20%; ambos insumos en conjunto como remplazante parcial del cemento hasta un 25% respecto al peso.

### **Muestra**

Es una porción escogida de la población con el propósito de contar con información suficiente para llevar a cabo la investigación. En la muestra se computan y analizan las variables que están siendo estudiadas (31). Para la presente investigación, se manipularán 78 muestras en total, constituidas por 54 probetas cilíndricas de 4"x8", 18 especímenes prismáticos de 15x15x50cm y 6 conos de Abrams.

Estas muestras serán ensayadas en cumplimiento al promedio especificado por la norma E 060. Los ejemplares cilíndricos se rompen a los 7 días, 14 días y 28 días después de su curado, según lo que indica la norma ASTM C39. Los especímenes prismáticos serán sometidos a ensayos de rotura a los 28 días desde su curado. Asimismo, las muestras prismáticas se someten a ensayos de resistencia a la flexión a los 28 días posterior a su curado.

Tabla 6. Detalle de distribución de muestra según diseño.

N° Muestra	Muestra	Propiedad de muestra	Tipo de muestra	Cantidad	Ensayo a (día)	RHA (%)	GP (%)	
1	<b>MUESTRA DE CONTROL:</b> f'c=210 kg/cm3	Compresión	Probeta cilíndrica	3	7	-	-	
2			Probeta cilíndrica	3	14	-	-	
3			Probeta cilíndrica	3	28	-	-	
4		Flexión	Espécimen de viga	3	28	-	-	
5		Trabajabilidad	Cono de Abrams	1	In situ	-	-	
6	<b>MUESTRA CON SUSTITUTO PARCIAL:</b> f'c=210 kg/cm3 según diseño: Cemento = 75% y RHA+GP = 25%	Compresión	Probeta cilíndrica	3	7	5	20	
7			Probeta cilíndrica	3	14			
8			Probeta cilíndrica	3	28			
9		Flexión	Espécimen de viga	3	28	10	15	
10		Trabajabilidad	Cono de Abrams	1	In situ			
11		Compresión	Probeta cilíndrica	3	7			
12		Compresión	Probeta cilíndrica	3	14	15	10	
13		Compresión	Probeta cilíndrica	3	28			
14		Flexión	Espécimen de viga	3	28			
15		Trabajabilidad	Cono de Abrams	1	In situ	20	5	
16		Compresión	Probeta cilíndrica	3	7			
17		Compresión	Probeta cilíndrica	3	14			
18		Compresión	Probeta cilíndrica	3	28	23	2	
19		Flexión	Espécimen de viga	3	28			
20		Trabajabilidad	Cono de Abrams	1	In situ			
21		Compresión	Probeta cilíndrica	3	7	20	5	
22			Probeta cilíndrica	3	14			
23			Probeta cilíndrica	3	28			
24		Flexión	Espécimen de viga	3	28	10	15	
25		Trabajabilidad	Cono de Abrams	1	In situ			
26		Compresión	Probeta cilíndrica	3	7			
27		Compresión	Probeta cilíndrica	3	14	15	10	
28		Compresión	Probeta cilíndrica	3	28			
29		Flexión	Espécimen de viga	3	28			
30		Trabajabilidad	Cono de Abrams	1	In situ	<b>N° Muestra Total = 78</b>		

Fuente: Elaboración propia.

## Muestreo

Es una estrategia empleada para estudiar la muestra representativa de una población. Mediante esta técnica, se obtiene un estadígrafo, que es un valor calculado a partir de datos estadísticos y que representa una estimación de la población real. El muestreo se aplica especialmente cuando la población es extensa, ya que permite trabajar con una fracción de ella en lugar de analizar cada elemento seleccionado. En casos de poblaciones pequeñas, no es necesario utilizar la técnica de muestreo (32). El muestreo no probabilístico consiste en seleccionar los sujetos de estudio sin basarse en probabilidad, sino teniendo en cuenta el contexto y los requerimientos del proyecto (30, p. 189).

El estudio comenzará con la recolección de muestras de concreto para luego proceder a la preparación de probetas cilíndricas y prismáticas mediante el ensayo de asentamiento, en cumplimiento a la norma NTP 339036.

### **Unidad de análisis**

Hace referencia a los elementos que son sometidos a medición, es decir, aquellos en los cuales se aplican los instrumentos de medición (30, p. 173). En este estudio, se llevará a cabo la medición de las muestras de estudio para determinar cuantitativamente la influencia de la adición de insumos en las propiedades de la población en cuestión. Analizaremos los resultados de las mediciones realizadas en diferentes dimensiones de las variables que intervienen en cada propiedad físico-mecánica. Entre ellas, se medirá la trabajabilidad, resistencia a esfuerzos de compresión y flexión del concreto.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnicas.**

Según Bernal (31), la observación es un proceso preciso que permite obtener información directa sobre los elementos estudiados, lo que permite su descripción y análisis dentro del contexto de estudio. En este estudio se ejecutará mediante la técnica de observación para analizar el comportamiento físico-mecánico del concreto frente a diferentes dosificaciones de agregados como sustituto parcial del cemento. Se estudiará la combinación de RHA + GP activados con un activador alcalino tanto en estado fresco como en diferentes edades de endurecimiento. Los resultados y el comportamiento del concreto serán registrados y reportados mediante el análisis documental.

### **Instrumentos de recolección de datos**

El investigador es el principal instrumento para recolectar datos cualitativos, utilizando diversas herramientas como entrevistas, observación y sesiones grupales (30, p. 443). “La ficha de observación es una herramienta cuando el investigador busca medir, analizar o evaluar un objetivo específico, es decir, obtener información detallada sobre dicho objeto” (29, p.62). En este estudio se emplearán instrumentos que posibiliten el registro, observación y análisis de los

procedimientos y comportamientos del concreto estudiado. Entre los instrumentos utilizados se usarán fichas de laboratorio y hojas de cálculo con formatos específicos para medir los resultados obtenidos en los ensayos seguros. A continuación, se describe detalladamente los instrumentos utilizados en el procedimiento:

a) Formatos estándar

- Peso unitario de los agregados ASTM C-29
- Ensayos granulométricos ASTM C-33
- Contenido de humedad NTP 339.127
- Peso específico y absorción del agregado grueso ASTM C-127
- Peso específico y absorción del agregado fino ASTM C-128
- Diseño de mezclas ACI 211
- Ensayo *Slump* ASTM C-143
- Ensayo de Resistencia a la compresión ASTM C-39
- Ensayo de Resistencia a flexión ASTM, C-78
- Preparación y Curado de las Muestras de Ensayo ASTM C192

b) Formatos de Calculo:

- Hojas de cálculo para ensayos de asentamiento (*Slump*)
- Hojas de cálculo para ensayos de compresión
- Hojas de cálculo para ensayos de flexión
- Hojas de cálculo para manejo de dosificaciones de insumos
- Hojas de cálculo para reporte de resultados

**Validez**

La validez, en un sentido amplio, se define al nivel del instrumento que computa de manera precisa la variable que busca. Las fichas de observación a emplear en la presente investigación, permitirán medir las variables estudiadas, dichos instrumentos serán validadas por expertos.

**Confiabilidad de los instrumentos**

La confiabilidad del instrumento para procedimiento de la medición se relaciona con el grado en el que, al aplicarlo repetidamente al mismo individuo u objeto,

presenta resultados consistentes y similares en cada ocasión (29). Un instrumento de medición se hace confiable cuando al grado en el que dicho instrumento mantiene la consistencia y precisión de los resultados que proporciona en distintas ocasiones y aplicaciones (30, p. 200). En la presente investigación los instrumentos propuestos permitirán un adecuado recojo de datos para el desarrollo del estudio, y el adecuado uso de instrumentos de medición del laboratorio, las mismas que contarán con su respectivo certificado de calibración.

### 3.5. Procedimientos

En este estudio, se llevará a cabo la elaboración de un concreto de resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, que actuará como muestra de control (ver figura 5). Además, se agregarán sustitutos cementantes en un porcentaje del 25%, que consistirá en 5 muestras combinadas de RHA y GP. A continuación, se detallan los procedimientos que se seguirán en el estudio.

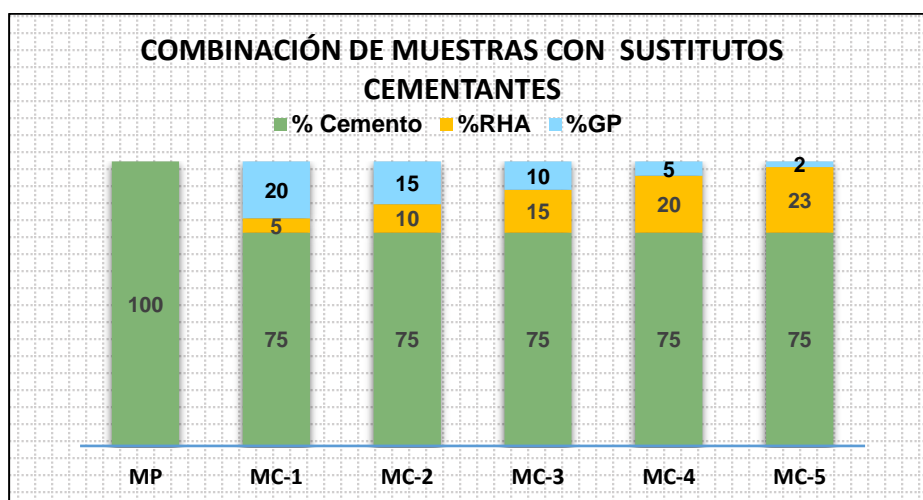


Figura 5. Combinación de muestras con sustitutos cementantes. Fuente: Elaboración propia.

#### Adquisición de los materiales

Se iniciarán con la adquisición de los insumos para el diseño para concreto de control por el método ACI 211.1-22, como el cemento Portland Tipo I adquirido de una ferretería local, agregados grueso y fino extraídos de la cantera ubicado en Trapiche, distrito de Carabayllo en Lima; los mismos que serán trasladados al laboratorio para su uso en el diseño de mezcla de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> como muestra de control, para determinar las dosificaciones respectivas de



C:AG:AF:A y en base a ello se calcularán la cantidad de los insumos sustitutos en relación al peso del cemento por m<sup>3</sup> de mezcla y el porcentaje de combinación propuesto entre RHA y GP, tomando en cuenta la cantidad de muestras a ensayar. Posterior a ello, se hará el tratamiento previo para contar con RHA y GP, para ello se va a adquirir 11 sacos de 20 kg de cascará de arroz para su incineración en un horno a temperatura de 650°C, el mismo que dará como resultado 40 kg de RHA. Según Mosaberpanah (33), aproximadamente, cada tonelada de arroz puede producir alrededor del 20 % de la cáscara de arroz, lo que equivale a alrededor de 220 kg, y generar alrededor del 18 al 20 % de RHA al someterse a un proceso de combustión.



Figura 6. Adquisición de Cáscara de arroz (RH7) seco, sacos de 27 kg cada uno para su posterior pre quemado.



Figura 7. Proceso de pre quemado en un cilindro, durante 8 horas.



Figura 8. Resultado después del pre quemado, cuyo resultado es una ceniza en estado amorfo de color blanco.



Figura 9. Incineración de RHA después del pre quemado, en horno eléctrico a temperatura de 600°C.



Figura 10. Estado de proceso de adquisición de RHA, (a) cascarilla de arroz, (b) ceniza pre quemado y (c) ceniza calcinada a 600 °C.

El polvo de vidrio desecho (GP) se obtuvo mediante un proceso de molienda del vidrio con medios mecánicos mediante un molino casero marca corona con tolva manipulada de manera manual, hasta lograr la cantidad requerida y del tamaño adecuada, que posteriormente fue tamizado hasta lograr un polvo de vidrio del tamaño de 150  $\mu\text{m}$ . Se recolectó el vidrio reciclado, de vidrierías locales y envases de desechos domésticos, las mismas que fueron trituradas de manera manual hasta lograr un tamaño aproximado de 1", para su posterior molido en una moledora manual.



Figura 11. Vidrio reciclado, trituradas hasta lograr un tamaño aproximado de 1", para su posterior molido.



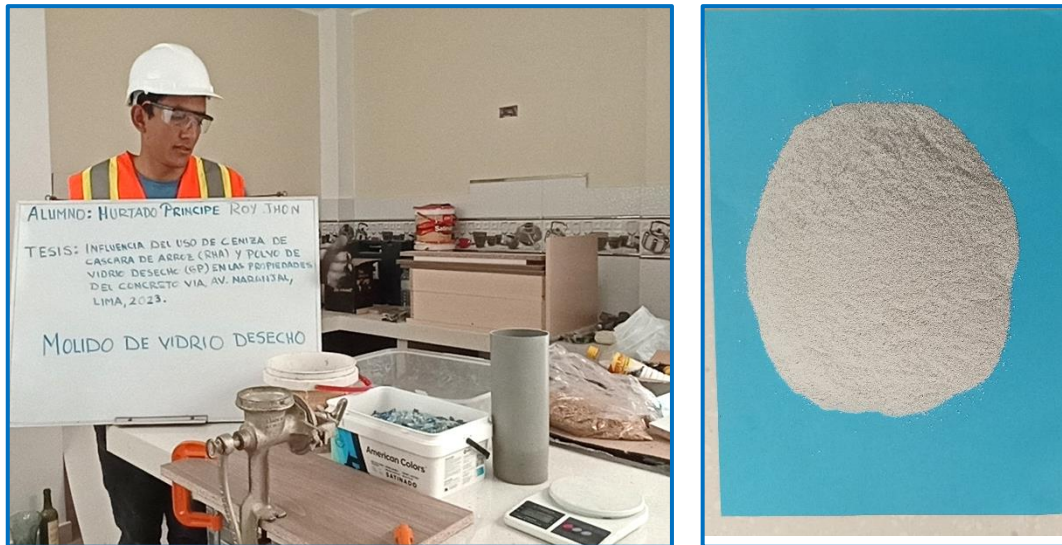


Figura 12. Molido de vidrio hasta lograr un polvo del tamaño de 150  $\mu\text{m}$ .

### Ensayos granulométricos

Con estos ensayos se obtienen los porcentajes de material atrapado en cada tamiz según la dimensión de las partículas en el material, y con ello, poder clasificarlo. Esta información es requerida para el diseño de mezclas de concreto en función de la resistencia deseada, y se llevará a cabo para agregados grueso como para agregados finos:

- Se toma una porción representativa del material
- La muestra se coloca en un horno de secado a una temperatura constante, que puede variar entre  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , durante un período de 24 horas con el propósito de eliminar la humedad contenida. Luego de enfriar, el peso seco se registra utilizando una balanza.
- La muestra se pasa a través de una variedad de tamices de malla utilizando agitación manual o una máquina de tamizado. En tamizado del agregado fino, se utilizan el tamiz de tamaños en Numero 4, 8, 16, 30, 50 y 100. En caso del agregado grueso, se emplean tamices de tamaños 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 4.
- Se pesa el contenido atrapado en cada tamiz. Estas fracciones se expresan como porcentajes respecto al peso total del espécimen inicial.

## **Contenido de humedad**

Este ensayo determina la relación entre la cantidad de agua presente en la muestra y su peso, de manera de poder considerar la fracción de agua contenida en los materiales granulares durante la preparación de las mezclas de concreto.

- Se toma una muestra de material en su estado natural y se registra su peso en estado húmedo.
- Se lleva la muestra al horno por 24 horas con el fin de eliminar la cantidad de humedad contenida, posteriormente es anotada el peso de muestra en estado seco.
- Se comprueba la cantidad porcentual de humedad del material relacionando los pesos húmedos y secos, expresando el resultado como un porcentaje

## **Peso específico y absorción del agregado grueso**

El ensayo de peso específico parte de la relación entre el volumen del material y su peso, y con ello estimar el volumen ocupado por el material en la mezcla de concreto.

- Se selecciona una muestra representativa del agregado.
- Para el agregado grueso, este se lava hasta eliminar el polvo y otras sustancias en su superficie
- Se sumerge el material grueso en agua por 24 horas, luego de lo cual se retira y se seca el excedente de agua en la superficie. Se anota el peso en estado húmedo.
- Para determinar el volumen de muestra se emplea el método de desplazamiento de agua, donde la muestra se suspende en un recipiente graduado con agua llena, se mide la cantidad de agua desplazada y se utiliza para determinar el volumen de la muestra.
- Se anota el peso de la muestra en estado seco después de llevar la muestra al horno por un periodo de 24 horas para eliminar la humedad.
- Para determinar su gravedad o peso específico se calcula dividiendo la masa en estado seco por el volumen de la muestra.

- La absorción se puede calcular dividiendo la masa en estado saturado por la masa en estado seco, que se muestra como un porcentaje de la masa en estado seco.

### **Elaboración de la mezcla de concreto**

Teniendo los insumos y la dosificación de la mezcla de control, se procederá a elaborar 6 mezclas combinadas con 25% en remplazo sobre el peso de cemento por RHA y GP (RHA+GP=25%), se prepararán relaciones en peso RHA:GP de 5:20, 10:15, 15:10, 20:5, y 23:2. Por consiguiente, se tendrá 6 tipos de muestra conformada por 1 mezcla de control y 5 mezclas combinadas en distintos porcentajes de sustitutos. El diseño de la mezcla se realizará de acuerdo con los estándares de norma ACI 211:

- Se debe partir de la elección de una resistencia típica de diseño y de conocer las características de los materiales a utilizar. Para el presente caso se tomará de referencia una resistencia típica a compresión  $f'_c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Se selecciona además el asentamiento típico esperado en la mezcla (slump). Se tomará como referencia un asentamiento de 5 pulgadas.
- A partir de lo anterior, y del tamaño máximo del agregado grueso se obtiene el contenido de agua en la mezcla, representada en kilogramos por volumen de concreto (kg/m<sup>3</sup>), empleando los resultados mostrados en la tabla 7.

Tabla 7. Cantidad de agua en la mezcla de concreto según ACI 211.

Revenimiento	Agua en Kg/m <sup>3</sup> de concreto seg. tamaño máx. del agregado								
	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
<b>Pulgadas ==&gt;</b>	<b>3/8</b>	<b>1/2</b>	<b>3/4</b>	<b>1</b>	<b>1 1/2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	
<b>cm</b>	<b>sin aire incorporado</b>								
3 - 5	207	199	190	179	166	154	130	113	
8 -10	228	216	205	193	181	169	145	124	
15 - 18	243	228	216	202	190	178	160	--	
(%) sin aire incorporado	3	3	2	2	1	0.5	0.3	0.2	
<b>con aire incorporado</b>									
3 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107	
8 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119	
15 a 18	216	205	197	184	174	166	154	-	
Promed. recomendable de (%) total de aire	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3	
<b>(%) según su grado de exhibición.</b>									
Exhibición	Suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
	Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Adaptado a la norma ACI 211.1.

- La cantidad de cemento de la mezcla por metro cúbico de concreto se calcula utilizando la correlación recomendada agua/cemento. Lo mostrado en Tabla 8 se utilizan como referencia.

Tabla 8. Relación agua/cemento para el concreto según ACI 211.

Relación agua/cemento por peso.	Resistencia probable a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> ) al día 28	
	sin aire incluido	con aire incluido
0,35	420	335
0,44	350	280
0,53	280	225
0,62	225	180
0,71	175	140
0,80	140	110

Fuente: Adaptado de la norma ACI 211.

- La estimación de la cuantía del agregado grueso se realiza a partir de los valores de la tabla 9, considerando la dimensión máxima del agregado y el MF.

Tabla 9. Volumen de agregado grueso el concreto según ACI 211.

Tamaño máximo de agregado en (milímetro)	Volumen del A.G varillado en seco por (m3) de concreto para diferentes MF de arena			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Adaptado de la norma ACI 211.1.

- La diferencia de peso entre el concreto y los otros materiales puede usarse para calcular la cantidad de agregado fino., considerando lo mostrado en la tabla 10.

Tabla 10. Volumen de agregado grueso el concreto según ACI 211.

TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO (milímetros)	ESTIMACIÓN INICIAL DEL PESO DEL CONCRETO (Kg/m3)	
	sin aire incluido	con aire incluido
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Fuente: Adaptado a la norma ACI 211.1.

### Ensayo del asentamiento (*Slump*)

Elaboradas las mezclas de concreto, se procederá a medir el asentamiento de la mezcla colocada en su estado fresco por medio del ensayo del cono de Abrams.

- Después de la elaboración, se selecciona inmediatamente una fracción de cada muestra de concreto en estado fresco.



- Se coloca la base metálica del kit de ensayo para medir la trabajabilidad del concreto empleando el cono de Abrams sobre una superficie plana y nivelada.
- Se humedece la superficie de la base. Se posiciona el cono metálico en el centro y se procede a llenarlo con la mezcla de concreto.
- El operador del ensayo se colocará en posición pisando la base del cono para evitar que esta se mueva mientras se vierte el concreto en tres capas. Se procura que cada capa sea del mismo espesor, a la vez que se procede a compactarla utilizando la varilla de metal, dando 25 golpes a la mezcla en sentido circular, sin perturbar demasiado la capa anteriormente colocada.
- Cuando el cono se encuentra lleno en su totalidad, se procede a levantarlo lentamente, mientras la mezcla procede a asentarse sobre la base de metal
- Se coloca la barra de metal sobre el cono metálico y se procede a medir la diferencia de altura.

### **Ensayo de resistencia a compresión**

Dicho estudio se aplica sobre especímenes cilíndricos endurecidos, los cuales son sometidos a carga axial hasta producir la fractura, tomando nota de la carga que produce dicha falla.

- El ensayo se realiza a la brevedad posible de haber retirado el espécimen cilíndrico de la cámara de curado.
- Se toman las medidas del espécimen cilíndrico (diámetro)
- Se coloca en los extremos platos nivelantes previo a la colocación en la máquina de ensayo cuidando que esté centrado.
- Se procede a aplicar la carga de forma incremental a velocidad constante hasta producir la fractura del espécimen. Se anota la carga que produce la falla, así como también el tipo de falla producida.
- La resistencia a compresión se define como la proporción entre la carga que causa la falla y el área de la sección transversal del objeto en cuestión.

### **Ensayo de resistencia a flexión**

Este se aplica a vigas de concreto elaboradas, aplicando el método de carga en el punto medio. Se lleva a cabo a los 28 días de curado.

- Se retira la viga de concreto de la cámara de curado y se coloca inmediatamente en la máquina de ensayo, pues este debe hacerse cuando la viga se encuentre en estado húmedo.
- Se posiciona el bloque que aplicará la carga sobre la viga en el centro de la misma. Se verifica que haya buen contacto entre las superficies
- Se activa equipo de ensayo y se aplica carga de manera progresiva y con velocidad constante hasta producir la falla de la viga.
- Se toma nota de los valores de carga aplicada usando el formato elaborado como instrumento de recolección de datos.

### **3.6. Método de análisis de datos**


En este estudio, el análisis y procesamiento de datos se ejecutará por medio de la observación para procesar y examinar los datos recopilados de las muestras experimentales para lo cual se emplearon plantillas Excel. Se utilizaron formatos, fichas de laboratorio y hojas de cálculo para registrar la información y así poder interpretar los resultados. Estos resultados serán confiables y válidos, permitiendo mostrar el impacto de la ceniza de cáscara de arroz (RHA) y el polvo de vidrio desechado. Para obtener los resultados estadísticos y la comprobación de las hipótesis se emplearon el programa IBM SPSS V25 determinando la influencia de la variable independiente sobre la variable dependiente.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente estudio de investigación, en aras a la transparencia y compromiso ético, cumplirá con respetar durante el desarrollo del proyecto, los aspectos éticos como el consentimiento informado, confidencialidad, privacidad, beneficios y riesgos, equidad y justicia, declaración ética, y honestidad en la comunicación, así mismo se respetarán la autoría de las fuentes citadas en el desarrollo documental del proyecto, utilizando el ISO 690. Del mismo modo se usarán normas técnicas internacionales como el Sociedad Americana para pruebas y materiales (ASTM), el método ACI 211.1-22 para el diseño de mezcla

y en lo nacional el RNE. Para la obtención de los resultados durante el desarrollo del estudio se contarán con la intervención de profesionales capacitados en el manejo de las pruebas, inspección y control de la investigación, con el compromiso ético profesional con el fin de lograr la autenticidad de los resultados obtenidos. El mismo que será de información pública en beneficio de la comunidad científica. Sumado a esto se empleó el sistema anti plagio Turniting, con la finalidad de garantizar la transparencia de la investigación, manteniendo el respeto al derecho de autor relacionados a la bibliografía empleada. Así mismo, durante el desarrollo del presente estudio el investigador participo en el curso de Conducta Responsable en Investigación a través de Concytec.

ROY JHON HURTADO PRINCIPE



Calificación, Clasificación y Registro de Investigadores

[Solicitar Incorporación](#)



Conducta Responsable en Investigación

Fecha: 31/01/2024

---

OTROS IDENTIFICADORES

ORCID

ORCID  0000-0002-1565-6788  ORCID Name: ROY JHON HURTADO PRINCIPE

Certificación, Clasificación y Registro de Investigadores por realizar el curso de conducta responsable CRI. Fuente Concytec

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Trabajabilidad del concreto

Para evaluar la trabajabilidad del concreto se realizaron ensayos de asentamiento (Slump) en los diferentes tipos de mezclas. En la siguiente tabla 11 se contempla los resultados obtenidos durante los ensayos.

Tabla 11. Asentamiento de las mezclas de concreto.

Tipo de mezcla	Asentamiento (cm)
MP	10.50
MC-1	9.10
MC-2	7.70
MC-3	6.30
MC-4	4.80
MC-5	2.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en tabla 11, con el incremento gradual de la cantidad de RHA y GP en la mezcla se registra una disminución considerable en el asentamiento, alcanzando su menor magnitud en la mezcla MC-5 con un valor de 2.00 cm, lo que sugiere que la combinación de 23% de RHA y 2% de GP tiene mayor efecto en la reducción de la fluidez del concreto. Estos datos pueden ser observados de forma grafica en la figura 13.

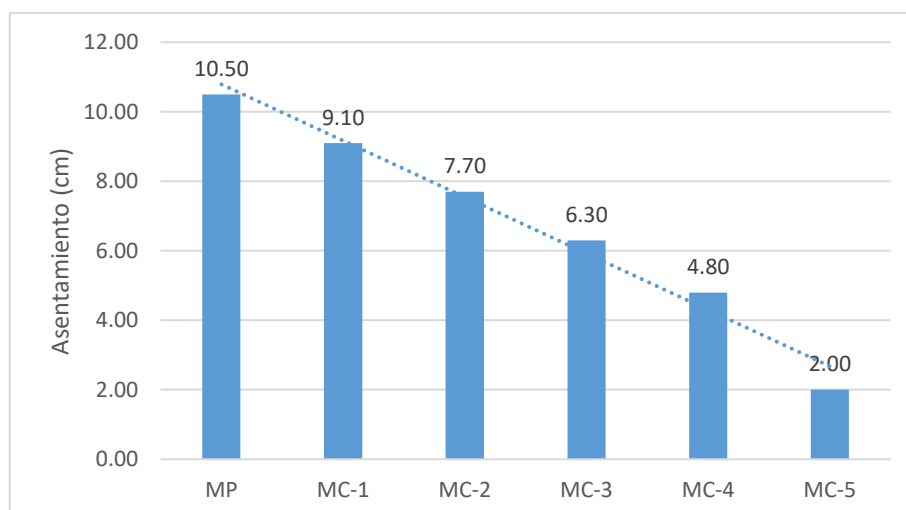


Figura 13. Asentamiento de las mezclas de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, la reducción del asentamiento indica que las mezclas con mayores cantidades de RHA y GP pueden volverse mas rígidas y menos maleables, lo que podría dificultar el proceso de colocación durante la construcción.



Figura 14. Ensayos de SLUM según ASTM C143 / NTP 339.035. Para muestras patrón.



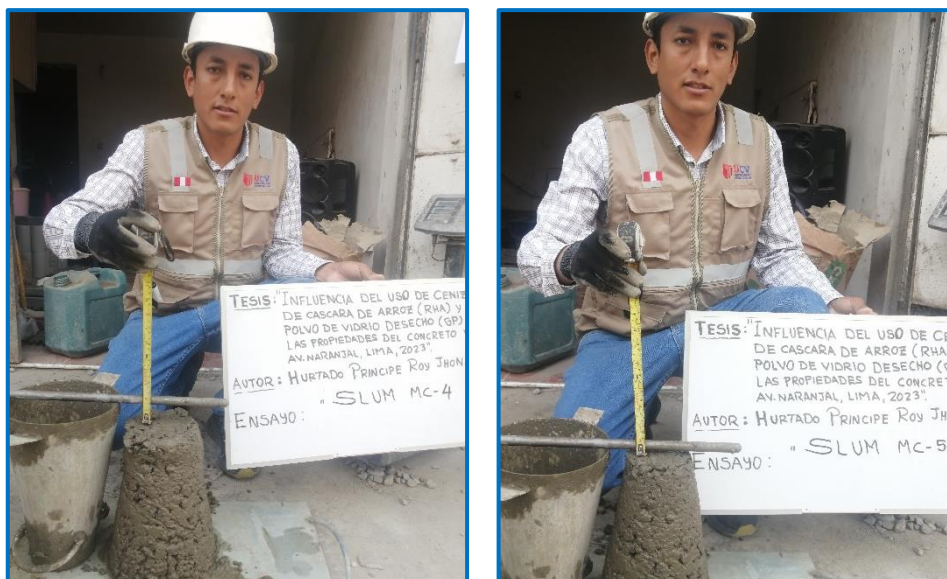


Figura 15. Ensayos de SLUM para muestras combinadas.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Resistencia a esfuerzos de compresión del concreto

Para evaluar la resistencia a compresión del concreto se realizaron ensayos a las edades de 7, 14 y 28 días. Se ensayaron 3 muestras para cada edad y tipo de mezcla, cuyo promedio es presentado en la tabla 12.

Tabla 12. Resistencia a compresión promedio de las mezclas de concreto.

Tipo de mezcla	Resistencia a compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días
MP	150.77	171.10	214.30
MC-1	138.03	161.20	195.80
MC-2	156.67	179.30	221.87
MC-3	159.57	179.00	221.90
MC-4	139.37	159.67	194.83
MC-5	130.93	154.33	186.50

Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos observados en la tabla 12 muestran una variación evidente en el desempeño de las mezclas de concreto con RHA y GP. Como se puede notar, existe una mejora consistente de resistencia en las mezclas MC-2 (10% RHA + 15% GP) y MC-3 (15% RHA + 10% GP), que alcanzaron valores de 221.87 kg/cm<sup>2</sup> y 221.90 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, respectivamente. Mientras las mezclas

MC-4 (20% RHA + 5% GP) y MC-5 (23% RHA + 2% GP) exhiben una mengua respecto a resistencia a compresión en todas las edades de curado, obteniendo, a 28 días, valores de resistencia en 194.83 kg/cm<sup>2</sup> y 186.50 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos datos se observan gráficamente en la figura 16.

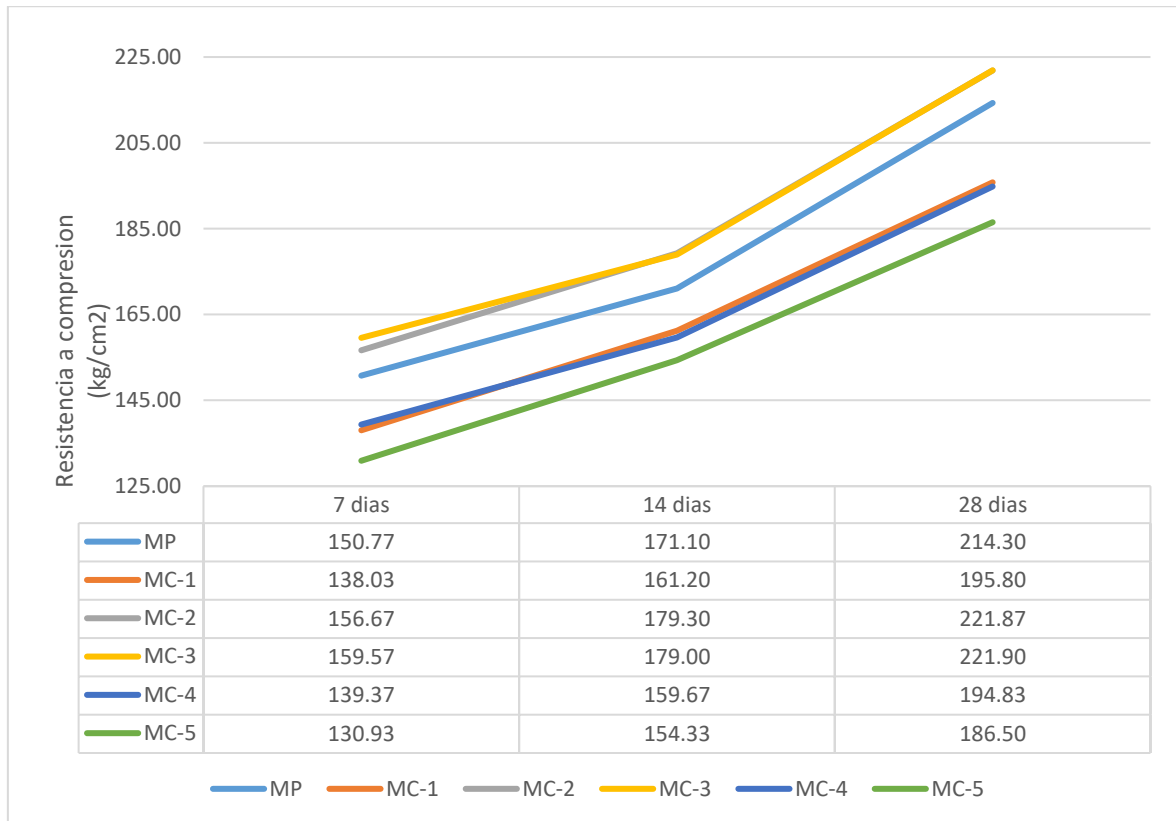


Figura 16. Resistencia a compresión promedio de las mezclas de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, en la figura 16 nos ilustra una comparación de la resistencia lograda a la edad de 28 días, tomando como punto referencial la mezcla de control MP. Se puede observar que, tanto la mezcla MC-2 como MC-3 muestran un incremento en la resistencia a esfuerzos compresivos respecto a la MP, superando su valor en un 4%, en ambos casos. Por otro lado, las mezclas MC-1, MC-4 y MC-5 muestran porcentajes de resistencia inferiores, lo que indica que las proporciones de aditivos (RHA y GP) utilizadas en estas mezclas podrían reducir la resistencia a compresión en comparación a la mezcla de control MP.

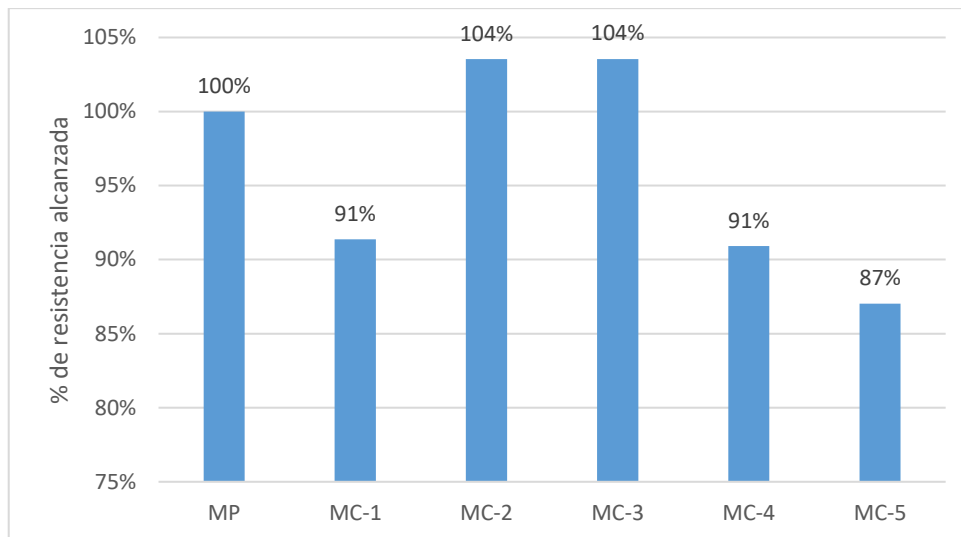


Figura 17. Comparación de resistencia a compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede deducir que, la presencia de RHA y GP en distintas proporciones tiene un resultado variable en la resistencia del concreto. Mientras las mezclas MC-2 y MC-3 presentan mejoras, las proporciones MC-1, MC-4 y MC-5 muestran una disminución en la resistencia en comparación con la mezcla de control MP, lo que demuestra que existe un límite en el cual un mayor contenido de estos aditivos puede resultar perjudicial para el desempeño mecánico del concreto.



Figura 18. Ensayos de compresión para muestra patrón y muestras combinadas a 7 los días.





Figura 19. Ensayos de compresión para muestra patrón y muestras combinadas a 14 los días.



Figura 20. Ensayos de compresión para muestra patrón y muestras combinadas a 28 los días.

#### 4.3. Resistencia a esfuerzos de flexión del concreto

Para evaluar la resistencia a flexión del concreto se realizaron ensayos a la edad de 28 días, ensayando 3 muestras para cada tipo de mezcla, obteniendo el resultado promedio que se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Resistencia a flexión promedio de las mezclas de concreto.

Tipo de mezcla	Resistencia a flexión Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
MP	30.0
MC - 1	27.6
MC - 2	32.4
MC - 3	32.7
MC - 4	28.0
MC - 5	25.9

Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados en la tabla 13 exhiben una variabilidad en el comportamiento, dado que, mientras que las mezclas MC-2 y MC-3 muestran los valores más altos, superiores tanto al control MP como a otras mezclas (32.4 kg/cm<sup>2</sup> y 32.7 kg/cm<sup>2</sup>, de forma respectiva), las mezclas MC-1, MC-4 y MC-5 presentan valores más bajos en comparación con el control. En la figura 21 se muestra la variación porcentual en relación a la resistencia alcanzada por la muestra de control MP.

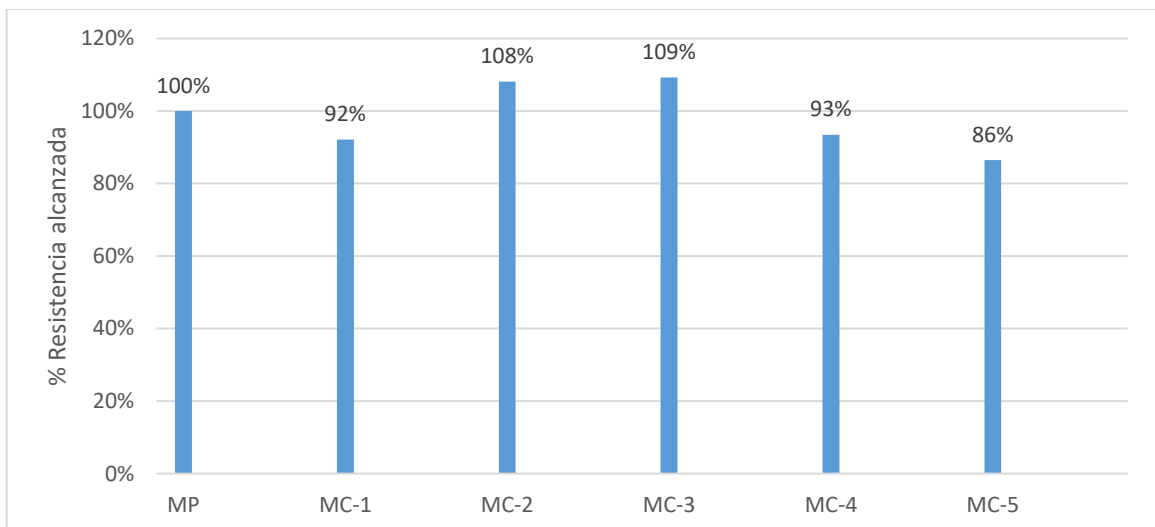


Figura 21. Porcentaje de resistencia a flexión alcanzado.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la figura 21, que existe una mejora notable en las mezclas MC-2 y MC-3, las cuales experimentan un aumento de la resistencia a flexión en comparación a la mezcla de control en 8% y 9%, respectivamente. Por su parte, las mezclas MC-1, MC-4 y MC-5 muestran porcentajes de resistencia a flexión inferiores, indicando que las proporciones de aditivos (RHA y GP)

utilizadas en estas mezclas podrían disminuir la respuesta a esfuerzos a flexión en comparación a mezcla de concreto tradicional.



Figura 22. Ensayos de resistencia a la flexión del concreto para muestra patrón.





Figura 23. Ensayos de resistencia a la flexión del concreto para muestras combinadas.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Comprobación de hipótesis

**HE1: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la Trabajabilidad del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023**

Tal como se mostró en la tabla 13 y en la figura 12, a medida que se incrementa la cantidad de aditivo en las mezclas de concreto, el asentamiento disminuyó gradualmente, pasando de 10.50 cm en la muestra patrón a 2.00 cm en la muestra MC-5. La disminución del asentamiento indica una reducción en la fluidez y capacidad de deformación del concreto.

Aunado a ello, el comportamiento de los datos muestra un patrón lineal descendente, lo que sugiere que a medida que se añade más RHA y GP en la

mezcla, la trabajabilidad del concreto disminuye. Dadas estas razones, la hipótesis de la investigación se considera válida, el uso de RHA y GP si influye en la trabajabilidad del concreto.

**HG2: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la resistencia a la compresión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023**

Para la comprobación de esta hipótesis se recurrió a técnicas de estadística inferencial a fin de comparar los valores promedio de resistencia a la compresión adquiridos en cada elemento ensayado. Se tomó como muestra los resultados a los 28 días del curado, según los datos presentados en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

<b>Tipo de mezcla</b>	<b>Resistencia a compresión a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>).</b>		
MP	214.3	213.3	215.3
MC-1	193.9	197.5	196.0
MC-2	220.8	221.7	223.1
MC-3	220.4	222.2	223.1
MC-4	194.9	195.4	194.2
MC-5	186.4	185.8	187.3

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se registraron en una base de datos que se transfirió al programa SPSS v25 y se comprobó primeramente si estos datos siguen una distribución normal, a fin de determinar la prueba estadística más adecuada para la comparación de medias (paramétrica o no paramétrica). Para este caso, se aplicó la prueba de Shapiro - Wilk, con un 95% de confiabilidad, por lo que se establecieron las hipótesis estadísticas siguientes:

- $H_0$ : los datos siguen una distribución normal
- $H_1$ : los datos no siguen una distribución normal
- Si el p-valor obtenido es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula  $H_0$ ,

El resultado obtenido en el SPSS se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Prueba de normalidad para datos de resistencia a compresión.

<b>Pruebas de normalidad</b>			
Shapiro – Wilk.			
	Estadístico	gl	Sig.
Fc_MC1	0.991	3	0.817
Fc_MC2	0.984	3	0.762
Fc_MC3	0.964	3	0.637
Fc_MC4	0.991	3	0.817
Fc_MC5	0.987	3	0.780

Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo que, en todos los casos, el p-valor es mayor a 0.05, por consiguiente, se acepta la hipótesis de distribución normal, lo que permitió que el análisis de medias se hiciera mediante la prueba ANOVA de un factor, con el objetivo de evaluar si hay diferencias significativas entre los grupos de datos recopilados. Se formaron las siguientes hipótesis de trabajo:

- $H_0$ : no hay diferencias entre las medias obtenidas en los resultados para cada tipo de mezcla de concreto
- $H_1$ : Existen diferencias en las medias obtenidas en los resultados de cada tipo de mezcla de concreto
- Si el p-valor obtenido en la prueba ANOVA es menor a 0.05, se da por aceptado la hipótesis alternativa  $H_1$ .

En el proceso de los datos en el programa se obtuvieron los datos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 16. Comparación de medias de resistencia a compresión con prueba ANOVA en SPSS.

<b>ANOVA</b>					
<b>Resistencia a compresión</b>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3546,987	5	709,397	504,510	,000
Dentro de grupos	16,873	12	1,406		
Total	3563,860	17			

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo un nivel de significancia estadística  $p$ -valor = 0.000, lo cual es inferior al umbral de confianza establecido de 0.05, por ende, hay pruebas que respaldan la aceptación de la hipótesis  $H_1$  y las medias de los grupos experimentales son diferentes, esto sugiere que el uso de RHA y GP tiene influencia en la resistencia a compresión del concreto. Aunado a ello, se aplicó la prueba de post hoc de Tukey, cuyos resultados es mostrado en la siguiente tabla 17.

Tabla 17. Prueba pos hoc de Tukey de la resistencia a compresión en SPSS

### Pruebas post hoc

#### Comparación múltiple

Variable dep.: Resistencia a compresión

	(I) Grupos	(J) Grupos.	Diferen. de medias. (I-J).	Desv. Error	Intervalo de confianza al 95%		
					Sig.	Lím. inferior	Lím. superior
HSD Tukey	MP	MC-1	18,50000*	,96820	,000	15,2479	21,7521
		MC-2	-7,56667*	,96820	,000	-10,8188	-4,3146
		MC-3	-7,60000*	,96820	,000	-10,8521	-4,3479
		MC-4	19,46667*	,96820	,000	16,2146	22,7188
		MC-5	27,80000*	,96820	,000	24,5479	31,0521

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado muestra la comparación simultanea de los resultados de la muestra de concreto patrón (MP) y los demás grupos experimentales, así como el nivel de significancia obtenido en cada caso. Se observa nuevamente que para todos los casos se obtuvo un nivel de significancia estadística  $p$ -valor = 0.000, por lo tanto, todas las combinaciones ensayadas de RHA y GP produjeron una influencia en la resistencia a compresión respecto a la muestra patrón, tal como se planteó en la hipótesis de la investigación.

### **HE3: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la Resistencia a la flexión del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.**

Para comprobar esta hipótesis, se siguió de igual forma con el procedimiento anterior a partir de los datos recopilados en la tabla 18 que presenta los resultados para la resistencia a flexión de cada grupo experimental, e

igualmente, se comprobó la normalidad de los datos en el programa SPSS, como señala la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de resistencia a flexión del concreto a 28 días.

Tipo de mezcla	Resistencia a flexión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )		
	MP	30.00	30.40
MC-1	27.60	27.20	28.00
MC-2	32.10	32.40	32.70
MC-3	32.00	32.70	33.50
MC-4	28.00	27.70	28.30
MC-5	25.90	25.50	26.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Prueba de normalidad para datos de resistencia a flexión

Pruebas de normalidad			
	Estadístico	gl	Sig.
Mr_MP	,996	3	,878
Mr_MC1	1,000	3	1,000
Mr_MC2	1,000	3	1,000
Mr_MC3	,999	3	,927
Mr_MC4	1,000	3	1,000
Mr_MC5	1,000	3	1,000

Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia.

Según se observó el resultado de la tabla 19, el p-valor es igualmente mayor a 0.05, por lo tanto, se asocian a una distribución normal. Seguidamente, al procesar los datos en el programa SPSS v25 con la prueba ANOVA se obtuvieron los datos mostrados en la tabla siguiente.

Tabla 20. Comparación de medias de resistencia a flexión con prueba ANOVA en SPSS.

ANOVA					
Resistencia a flexión.	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F.	Sig.
Entre grupos.	113,627	5	22,725	107,646	,000
Dentro de grupos	2,533	12	,211		
Total	116,160	17			

Fuente: Elaboración propia.



De forma similar al caso anterior, se encontró un nivel de significancia estadística  $p\text{-valor} = 0.000$ , por lo tanto, existe evidencia para aceptar la hipótesis  $H_1$ , lo cual indica que el uso de RHA y GP si influye en la resistencia a flexión del concreto. Igualmente, se hizo la comprobación con la prueba post hoc de Tukey, que se muestra en la siguiente tabla 21.

Tabla 21. Prueba post hoc de Tukey de la resistencia a flexión en SPSS

### Pruebas post hoc

#### Comparación múltiple

Variable dep.: Resistencia a flexión.

	(I) Grupos.	(J) Grupos.	Diferen. de medias (I-J).	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al95%	
						Lím. inferior	Lím. superior
HSD Tukey	MP	MC-1	2,36667*	,37515	,000	1,1066	3,6269
		MC-2	-2,43333*	,37515	,000	-3,6934	-1,1732
		MC-3	-2,76667*	,37515	,000	-4,0268	-1,5066
		MC-4	1,96667*	,37515	,000	,7066	3,2268
		MC-5	4,06667*	,37515	,000	2,8066	5,3268

Fuente: Elaboración propia.

Este resultado compara los resultados de la muestra de concreto patrón (MP) y los demás grupos experimentales, de lo que se obtuvo nuevamente que para todos los grupos se obtuvo una significancia estadística con  $p\text{-valor} = 0.000$ , por lo tanto, todas las combinaciones ensayadas de RHA y GP produjeron una influencia en la resistencia a flexión del concreto e relación a la muestra patrón, y la hipótesis de la investigación es aceptada.

## V. DISCUSION

En la presente investigación se sometió a ensayo de distintas mezclas de concreto modificadas con ceniza de cáscara de arroz (RHA) y polvo de vidrio de desecho (GP) como sustituto parcial del cemento para evaluar su influencia en la trabajabilidad, la resistencia a compresión y en la resistencia a flexión.

**Discusión 1**, en cuanto a la **trabajabilidad**, se observó una tendencia marcada en la que todas las mezclas presentaron una disminución en el asentamiento del concreto en estado fresco según la prueba de cono de Abrams, cuya magnitud resultó directamente proporcional al contenido de RHA, lo que indica que, a mayor contenido añadido de este material, menor resulta el asentamiento. Los resultados obtenidos no son concordantes con lo hallado por Arteaga y Caccha (2022), quienes obtuvieron valores no distantes del concreto patrón, en un rango de 3" y 4", y únicamente observaron un efecto desfavorable al superar el 15% de cenizas de cáscara de café y arroz. Siendo que, en el presente caso se utilizaron combinaciones en mayor porcentaje estudiadas en los antecedentes, de RHA y GP que en total suman un 25%, se puede inferir que el efecto es causado por el aumento de material fino, específicamente del RHA, requiriendo entonces más agua para conservar la trabajabilidad, sin embargo, ello alteraría la relación agua-cemento, por lo que se debe considerar el uso de aditivos plastificantes o el rediseño de las dosificaciones en la mezcla de concreto, un tema que podría ser explorado en investigaciones futuras.

**Discusión 2**, en lo referente a la **resistencia a compresión**, se obtuvieron resultados favorables en dos de las cinco mezclas ensayadas, específicamente, las combinaciones que emplearon entre un 10% y 15% de RHA y GP, superando al resultado obtenido para el concreto patrón en un 4% en ambos casos. Estos resultados resultan similares a los de Haque et al., (2021), quienes también usaron dichos materiales como aditivos, en menor concentración, pudiendo indicar que, en efecto, dicha adición influye de manera positiva en la resistencia a compresión, pero que existe un valor límite en el que el exceso de RHA o de GP resulta perjudicial. Por su parte, los estudios de

Safdar et al., (2022), Campos y Hoyos (2022) y Torres (2021) también señalan incremento en la resistencia a compresión, con valores aumentados entre 15% a 35%, resultando evidente que la aplicación de estos materiales es efectiva para aumentar la resistencia, pero que, en todo caso, el valor límite puede estar cercano al 15% de adición. Aunado a ello, se pudo comprobar la hipótesis de la investigación, siendo que la influencia ejercida resultó estadísticamente significativa.

**Discusión 3**, en cuanto a la **resistencia a flexión**, se logró aumentar dicho parámetro en un 8% y 9% en comparación a la mezcla patrón, respectivamente, igualmente para las mezclas MC-2 y MC-3. Tales resultados se encuentran alineados a los de Haque et al., (2021), quien obtuvo una mejora del 76.89%, o los de Campos y Hoyos (2022), con una mejora del 24%. Nuevamente resulta significativo que, aunque se logró una mejora, resulta menor que las otras investigaciones y que, por el contrario, las mezclas MC-1, MC-4 y MC-5 resultaron con una resistencia menor que el patrón, pudiendo indicar que cantidades elevadas de RHA y GP, mayores al 15%, resultan perjudiciales. En síntesis, se encontró que el empleo de RHA y GP es capaz de producir una influencia positiva sobre las propiedades del concreto, pudiendo mejorar la resistencia a esfuerzos de compresión como a flexión, no obstante, se debe evaluar los límites máximos de sustitución del cemento para que no resulte perjudicial. Con los datos obtenidos se comprobó la hipótesis de la investigación, visto que la influencia ejercida fue estadísticamente significativa.

## VI. CONCLUSIONES

- Se encontró que, la sustitución parcial del cemento por RHA y GP produce una influencia negativa sobre la trabajabilidad, siendo menor que en la mezcla tradicional de concreto, con una tendencia a disminuir directamente proporcional al contenido de RHA, pasando de 9.10 cm en la mezcla MC-1 a solo 2 cm en la mezcla MC-5.
- Los hallazgos de las pruebas de resistencia a compresión indican que la combinación de RHA y GP de entre un 10% y 15% es capaz de producir una influencia positiva, alcanzando un 4% más de resistencia que el concreto patrón. No obstante, las demás combinaciones generaron una influencia negativa, con valores de 91% y 87% en comparación al patrón, respectivamente. Desde el punto de vista estadístico, al realizar la prueba ANOVA se obtuvo un  $p\text{-valor}=0.000$  en cada caso, con lo cual se pudo comprobar que, todas las combinaciones de RHA y GP produjeron una influencia en la resistencia a compresión respecto a la muestra patrón.
- Se encontró que la sustitución del cemento por RHA y GP también influye en la resistencia a flexión del concreto, logrado un aumento del 8% y 9% respecto al patrón en las mezclas MC-2 y MC-3, respectivamente, sin embargo, las demás combinaciones produjeron una disminución en la resistencia. La prueba ANOVA arrojó un nivel de significancia estadística  $p\text{-valor} = 0.000$ , revelando que el uso de RHA y GP sí influye en la resistencia a flexión del concreto en todos los casos ensayados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para las futuras investigaciones, la incorporación de aditivos plastificantes en el diseño de mezclas de concreto con el uso de RHA y GP para determinar su influencia sobre la trabajabilidad y encontrar una dosificación de materiales que permita conservar esta propiedad en el concreto en estado fresco.
- Se recomienda profundizar el estudio de sustituir parcialmente el cemento con RHA y GP para hallar una dosificación óptima que permita aumentar la resistencia a compresión, así como evaluar el impacto de este diseño de mezcla sobre el costo de fabricación del concreto respecto a una mezcla tradicional.
- Se recomienda igualmente profundizar en el diseño de mezclas con el uso de RHA y GP para optimizar la resistencia a flexión, así como analizar en qué tipo de elementos estructurales este concreto resulta favorable en comparación a una mezcla convencional o en comparación al concreto reforzado con fibras.

## REFERENCIAS

**Alvarez, María Laura Coenish.** El plástico y sus usos. *El ABC de los plásticos*. s.l. : Universidad Iberoamericana, 1997.

*An experiment on concrete replacing binding material as waste glass powder.* **Rajendran, Sathishkumar, Perumal, Pannirselvam, Lingeshwaran y Madavarapu.** 2021.

*Aplicación de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades del concreto de  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2021.* **Torres, J.** Lima : s.n., 2021.

**Arias, Villasís, y Miranda.** 2016.

**Bernal C.** 2010.

Cuánto cemento podemos prescindir. Lecciones de los flujos de material de cemento en el Reino Unido. **Shanks, W., y otros.** s.l. : Resources, Conservation and Recycling, 2019, Vol. 141. 1.

**Castro, Fanny.** Piura: Aumento de infraestructura vial incrementará capacidad productiva de la región. [En línea] 21 de Diciembre de 2022. <https://peruconstruye.net/2022/12/21/piura-aumento-de-infraestructura/>.

Combined influence of glass powder and granular steel slag on fresh and mechanical properties of self-compacting concrete. **Rehman, S., Iqbal, S. y Ali, A.** Peshawar, Pakistan : Construction and Building Materials, 2018, Vol. 178.

*Comparación en la adición de cenizas de la cascarilla de arroz y café para mejorar las propiedades del concreto  $F'c 210 \text{ kg/cm}^2$  en edificaciones, Ica 2021.* **Arteaga, S. y Caccha, M.** Lima : s.n., 2022.

*Comportamiento del residuo de vidrio molido en cementos mezcla: Estudio comparativo con microsilice.* **Trezza, M. y Rahhal, v.** 1, Olavarría : s.n., 2018, REVISTAMATERIA, Vol. 16.

Cuánto cemento podemos prescindir. Lecciones de los flujos de material de cemento en el Reino Unido. **Shanks, W., y otros.** s.l. : Resources, Conservation and Recycling, 2019, Vol. 141. 1.

Concreto a base de ceniza de cáscara de arroz (RHA): trabajabilidad y resistencia a la compresión con diferentes dosis y edades de curado. **Wagan, I., y otros.** 1, Pakistan : s.n., 2022, REVISTA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA APLICADAS, Vol. 12. 1.

**Cook y Campbell.** 1986.

**D, Sanchez.** 2001.

**Dien, L., y otros.** Refinería bioquímica integrada de cáscara de arroz para la producción de nano y bioproductos. Vietnam : Process Biochemistry, 2022. págs. 647-655. Vol. 121. 1.

Durability and microstructure studies on Slag-Fly Ash-Glass powder based alkali activated pavement quality concrete mixes. **Marathe, S., Mithanthaya, I. y Yekkar, R.** India : s.n., 2021, Construction and Building Materials, pág. 16. 1.

**Duran Feliciano, Elizabeth Noemí .** *RESIDUOS SÓLIDOS EN EL PERÚ.* 2020.

*Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz.* **Cataño, J, Guzman, K y Perpiñan, M.** Medellín, Antioquia, Colombia : s.n., Enero de 2021.

*Efecto del uso de Concha de abanico y Cáscara de arroz en la Resistencia a la Compresión.* **K., Mejia.** Lima : s.n., 2021.

*Effect of coal ash and rice husk ash partial replacement in ordinary Portland cement on pervious concrete.* **Lo, F., Lee, M. y Lo, S.** Taiwan : s.n., 2021, Construction and Building Materials, Vol. 286.

**Escobar Sulca, Juan Jesús, y otros.** *ESTABILIZACIÓN DE UNA SUBRASANTE ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD CON CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ.* Lima : s.n., 2020.

*Estudio Isotermico para Concreto en Edificios.* **Qiu y Y.** 2, Lima : Elsevier, 2021, Concreto y Diseño, Vol. 7, pág. 152.

**F., Abanto.** 2009.

**Hadi, M., y otros.** *Metodología de la investigación: GUÍA PARA EL PROYECTO DE TESIS.* [ed.] Wilson Sucari , Patty Aza y Antonio Flores . Puno : Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2023. pág. 83. 1.

**Hernández y Sampieri.** 2013.

**Hernández, R. y Mendoza, C.** *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION: LAS RUTAS ANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. SEXTA.* México : McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A, 2018. pág. 753. 1.

**Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M.** *Metodología de la investigación.* s.l. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2014. pág. 601. Vol. Sexta Edición. 1.

*Incorporación de ceniza de cascarilla de arroz para aumentar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Moyobamba 2021.* **Gonzales, T y Ventura, L.** Moyobamba : s.n., 2021.

*Influencia del polvo de vidrio en el comportamiento ambiental, térmico y mecánico del hormigón que contiene ceniza de cascarilla de arroz.* **Arbeláez, O., y otros.** Medellín : Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2023.

**Instituto Nacional de Estadística e Informática.** *Población de Lima Metropolitana supera los 10 millones 151 mil habitantes.* 2023. <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-006-2023-inei.pdf>.

**Kellstedt y Whitten.** 2013.

**Lindlof y Taylor.** 2018.

*Mechanical properties, flexural behavior, and chloride permeability of high-performance steel fiber-reinforced concrete (SFRC) modified with rice husk ash and micro-silica.* **Safdar, S., y otros.** 2022, Construction and Building Materials, Vol. 359.

*Mechanical properties, flexural behavior, and chloride permeability of high-performance steel fiber-reinforced concrete (SFRC) modified with rice husk ash and micro-silica.* **Safdar, S., y otros.** Pakistan : s.n., 2022, Construction and Building Materials, Vol. 359.

**Mejía.** 2005.

*OPTIMIZED PREPARATION OF RICE HUSK ASH (RHA) AS A SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIAL.* **Isberto, C., y otros.** 57, Japon :



International Journal of GEOMATE, 2019, International Journal of GEOMATE, Vol. 16, págs. 56-61.

*Prediction and optimization of the fresh and hardened properties of concrete containing rice husk ash and glass fiber using response surface methodology.*

**Haque, M., y otros.** Bangladesh : Case Studies in Construction Materials, 2021, Vol. 14.

**Quincho, R., y otros.** *Metodología de la investigación científica: El sentido crítico, ante todo con uno mismo.* [ed.] Wilson Sucari, Patty Aza y Antonio Flores. Puno : Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C, 2022. 1.

**R, Martallana.** *EL CONCRETO FUNDAMENTOS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS.* 2019.

**Servicio Geológico de EE.UU (USGS).** Resumen de productos Minerales. 2022.

*Study on durability of concrete by using rice husk as partial replacement of cement.*

**Harihanandh , M y Rajashekhar, K.** 2022, Materials Today: Proceedings.

*Study on durability of concrete by using rice husk as partial replacement of cement.*

**Harihanandh , M y Rajashekhar, K.** India : s.n., 2022, Materials Today: Proceedings.

*Uso de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto  $f'c=280$  kg/cm.* **Campos, M. y Hoyos, M.** Chiclayo : s.n., 2022.

*Utilizing Rice Husk Ash as Supplement to Cementitious Materials on Performance of Ultra High Performance Concrete: – A review.* **Mosaberpanah, M y Umar, S.** 8, 2020, Materials Today Sustainability, Vol. 7.

*Yehualaw.* **Endale, S., y otros.** 1, Etiopía : Sustainability (Switzerland), 2022, Vol. 15.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variables

<b>Título:</b> Influencia del uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.					
<b>Autor:</b> Hurtado Principe Roy Jhon					
<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
<b>Variable Independiente</b>					
Residuos de cáscara de arroz y vidrio	El uso combinado de ceniza de cáscara de arroz y vidrio desecho en el concreto, contribuyen en el comportamiento mecánico, así como la disminución de las emisiones de CO2, convirtiéndose en una estrategia de sostenibilidad y de viabilidad económica para la gestión y el aprovechamiento de residuos agroindustriales e industriales (Arbeláez et al, 2023).	La combinación de estos materiales, en diferentes porcentajes pueden mejorar las propiedades del concreto. Para ello es necesario comprobar y analizar los resultados mediante pruebas de laboratorio.	DOSIFICACIÓN Sustitución en peso de cemento con residuos de cáscara de arroz y vidrio	Sustitución con: 5%(RHA)+20%(GP) 10%(RHA)+15%(GP) 15%(RHA)+10%(GP) 20%(RHA)+5%(GP) 23%(RHA)+2%(GP)	Razón
<b>Variable Dependiente</b>					
Propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2	El concreto es una roca artificial, que aprovecha sus propiedades de resistencia y durabilidad en la construcción, presenta dos etapas claramente definidas: la fresca y la resistente. La primera, aunque temporal, es de gran importancia en cuanto al desarrollo de todas las propiedades en estado endurecido, especialmente la resistencia y la durabilidad (Martallana R, 2019)	En la presente investigación se analizarán de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm2. Cuyo procedimiento se llevará a cabo en un laboratorio de concreto bajo lineamientos de las normativas vigentes	Propiedad física	Trabajabilidad del concreto (Plg)	Razón
			Propiedad mecánica	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Razón
			Propiedad mecánica	Resistencia a la flexión (kg/cm2)	Razón

## Matriz de Consistencia

Título: Influencia del uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.							
Autor: Hurtado Principe Roy Jhon							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Variable Independiente:</b>				
¿De qué manera el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023?	Demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023	El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influyen en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023	Residuos de cáscara de arroz y vidrio	Sustitución en peso de cemento con residuos de cáscara de arroz y vidrio	Sustitución con: 5%(RHA)+20%(GP) 10%(RHA)+15%(GP) 15%(RHA)+10%(GP) 20%(RHA)+5%(GP) 23%(RHA)+2%(GP)	Balanza Digital y Fichas de laboratorio	Tipo de investigación <b>APLICADA</b>  Enfoque de investigación <b>CUALITATIVO</b>  El diseño de la investigación <b>CUASI EXPERIMENTAL</b>
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	<b>Variable Dependiente:</b>				
¿De qué manera el uso de residuos de cascara de arroz y vidrio, influye en la Trabajabilidad del concreto Vía, Av. Naranjal, Lima, 2023?	Demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la trabajabilidad del concreto vía, Av. Naranjal, Lima, 2023	El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la Trabajabilidad del concreta vía, Av. Naranjal, Lima, 2023	Propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2	Propiedad física	Trabajabilidad del concreto (Pig)	Prueba de asentamiento (ASTM C143)	El nivel de la investigación: <b>EXPLICATIVO</b>  Población: <b>Concreto f'c=210 kg/cm2, con sustituto parcial de RHA y GP sobre el cemento (Total: 0.36 m3 de concreto)</b> Muestra: <b>54 probetas cilíndricas, 18 vigas prismáticas y 6 conos de abrams.</b>
¿De qué manera el uso de residuos de cascara de arroz y vidrio, influye en la Resistencia a la compresión del concreto Vía, Av. Naranjal, Lima, 2023?	Demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la resistencia a esfuerzos de compresión del concreto vía, Av. Naranjal, Lima, 2023	: El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la resistencia a la compresión del concreto vía, Av. Naranjal, Lima, 2023		Propiedad mecánica	Resistencia a la compresión (kg/cm2)	Ensayo de Resistencia a la compresión (ASTM C39)	
¿De qué manera el uso de residuos de cascara de arroz y vidrio, influye en la Resistencia a la flexión del concreto Vía, Av. Naranjal, Lima, 2023?	Demostrar como el uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, influye en la resistencia a esfuerzos de flexión del concreto vía, Av. Naranjal, Lima, 2023	El uso de residuos de cáscara de arroz y vidrio, si influye en la Resistencia a la flexión del concreto vía, Av. Naranjal, Lima, 2023		Propiedad mecánica	Resistencia a la flexión (kg/cm2)	Ensayo de Resistencia a flexión (ASTM C293)	Muestreo: <b>No probabilístico</b>

## Anexo 2. Validación de instrumentos de recolección de datos

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

### CARTA DE PRESENTACION

Ing. RAMIREZ JULCA VICTORIANO JOUAN

**Presente:**

Asunto: Validación de Instrumentos.

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente en calidad de alumno de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FILIAL LIMA NORTE**, aprovecho para solicitarle la validación de los instrumentos con las que voy recolectar la información necesaria para el desarrollo de mi proyecto de investigación con la cual obtendré el Título profesional como Ingeniero Civil.

El proyecto de investigación lleva por título: "**Influencia del uso de residuos de cascara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.**". Siendo indispensable contar con la validación solicitada por profesionales idóneos y especializados en materia de mi proyecto de investigación para su aplicación de dicho instrumento. Considero conveniente recurrir a usted, considerando su connotada experiencia en temas educativos y relacionada a temas de investigación.

El expediente de validación que le hago presente contiene lo siguiente:

- Carta de presentación
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones
- Matriz de operacionalización de variables
- Certificado de validez de contenido de instrumentos.

Sin otro particular, expresándole mi especial consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención prestada a la presente.

Atentamente.

Bach. Hurtado Príncipe, Roy Jhon  
DNI. N°45988350



Ing. Victoriano Julca Ramirez Julca  
DNI: 81607540  
C.P.: 61901

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

**CARTA DE PRESENTACION**

Ing. MARCELO PASQUEL ABEL

**Presente:**

Asunto: Validación de Instrumentos.

Es muy grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente en calidad de alumno de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FILIAL LIMA NORTE**, aprovecho para solicitarle la validación de los instrumentos con las que voy recolectar la información necesaria para el desarrollo de mi proyecto de investigación con la cual obtendré el Título profesional como Ingeniero Civil.

El proyecto de investigación lleva por título: "**Influencia del uso de residuos de cascara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.**". Siendo indispensable contar con la validación solicitada por profesionales idóneos y especializados en materia de mi proyecto de investigación para su aplicación de dicho instrumento. Considero conveniente recurrir a usted, considerando su connotada experiencia en temas educativos y relacionada a temas de investigación.

El expediente de validación que le hago presente contiene lo siguiente:

- Carta de presentación
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones
- Matriz de operacionalización de variables
- Certificado de validez de contenido de instrumentos.

Sin otro particular, expresándole mi especial consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención prestada a la presente.

Atentamente.



Bach. Hurtado Príncipe, Roy Jhon  
DNI. N°45988350



ABEL MARCELO PASQUEL  
INGENIERO CIVIL - ZIP N° 221456  
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

## **1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES Y DIMENSIONES**

### **1.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

#### **1.1.1. VARIABLE V1: PROPIEDADES DEL CONCRETO**

El concreto es una mezcla compuesta de agregados, material cementante, agua, aire y algunas veces aditivos, que cuando se encuentra Introducción al en estado fresco (plástico), admite cualquier forma y, en estado endurecido, resiste esfuerzos mecánicos y es durable frente a diversas acciones. Así mismo el concreto se puede considerar como una roca artificial elaborada por el hombre, que aprovecha sus propiedades de resistencia y durabilidad en la construcción, siendo una roca artificial, presenta dos etapas claramente definidas: la fresca y la resistente. La primera, aunque temporal, es de gran importancia en cuanto al desarrollo de todas las propiedades en estado endurecido, especialmente la resistencia y la durabilidad (Martallana R, 2019).

#### **1.1.2. DIMENSIONES DE LA VARIABLE:**

- **Dimensión 1.- Trabajabilidad**

También conocida como manejabilidad, se describe como la facilidad con la que la mezcla del concreto logra ser preparado, transportado, colocado, compactado y finalizado, garantizando su uniformidad e impidiendo la segregación o exudación, (Martallana R., 2019). Nos permite verificar la plasticidad de la mezcla de concreto en su estado fresco, es decir que tan aguada o densa esta la mezcla. Los pasos para su correcta elaboración la rigen la Norma ASTM C143 y la norma NTP 339.035 que indica que el tiempo para esta actividad tendrá una duración de 2 minutos con 30 segundos desde su inicio hasta su última etapa de colocación.

- **Dimensión 2.- Resistencia a la compresión**

Es el esfuerzo de ruptura a esfuerzos de compresión, calculado como el promedio de la resistencia de dos cilindros estándar con diámetro de 150mm o tres cilindros con diámetro de 100 mm, medidos a los 28 días o menos. Sin embargo, en la construcción de proyectos de ingeniería, a menudo se fortalecen los períodos ambientales más prolongados para determinar la resistencia a la compresión, (Martallana R, 2019). La norma NTP 339.034, define que el esfuerzo a la compresión es un carácter

importante del concreto y ello consiste en la capacidad máxima para resistir una fuerza por cada unidad de área. Así mismo la norma ASTM C39, indica que dicho ensayo evalúa el esfuerzo a la compresión en el concreto ( $f'_c$ ) ante la aplicación de una fuerza uniaxial sobre el testigo de concreto en forma de cilindro, hasta su respectiva falla.

- **Dimensión 1.- Resistencia a la flexión**

La resistencia a esfuerzos de flexión del concreto, también conocida como módulo de rotura (MR), juega un papel crucial en estructuras de hormigón sencillas, como pavimentos y pisos industriales. Se evalúa mediante la aplicación de una carga de flexión en el tercio medio de una viga estándar de concreto (Martallana R, 2019). La normativa ASTM C 293 y la norma NTP 339.079 señalan que este ensayo consiste en colocar una carga de flexión en la zona central de un espécimen (viga prismática). Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados con las NTP 339.033 ó NTP 339.183.

## **1.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:**

### **RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO**

Según Arbeláez et al. (2023) en su artículo “Influencia del polvo de vidrio en el comportamiento ambiental, térmico y mecánico del hormigón que contiene ceniza de cascarilla de arroz” la combinación de residuos de vidrio y ceniza de cáscara de arroz en el diseño de mezclas de concreto, contribuyen en el comportamiento mecánico, así como la disminución de las emisiones de dióxido de carbono, convirtiéndose en una estrategia de sostenibilidad y de viabilidad económica para la gestión y el aprovechamiento de residuos agroindustriales e industriales, especialmente en empresas locales dedicadas a la preparación de hormigones y la valorización de residuos. Al mismo tiempo, permite la reducción de carga ambiental asociada con la industria del hormigón. Asimismo Qiang, et al, (2023) en su artículo “Propiedades mecánicas del hormigón que contiene arena de vidrio y ceniza de cáscara de arroz” mencionan que el uso combinado de vidrio y ceniza de cáscara de arroz

en materiales a base de cemento puede ahorrar recursos y proteger el medio ambiente, y el efecto de ceniza volcánica de la ceniza de cáscara de arroz puede inhibir la reacción de sílice alcalina (ASR) producida por el vidrio y el cemento. Dado que el uso combinado mejora eficazmente la resistencia al agrietamiento del hormigón. Por lo tanto, en el presente proyecto de investigación se estudiarán las propiedades físico-mecánicas del concreto elaborado con la incorporación de insumos de desechos agroindustriales e industriales como la ceniza de cáscara de arroz (RHA) más los residuos de polvo de vidrio desecho (GP) como reemplazo parcial del cemento. Con el uso de estos insumos se reducirán la contaminación ambiental producido por los desechos finales y va contribuir con la sobre explotación de los áridos naturales para la producción del concreto.

#### Matriz de operacionalización de variables

<b>Título:</b> Influencia del uso de residuos de cascara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranja, Lima, 2023.					
<b>Autor:</b> Hurtado Principe Roy Jhon					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
<b>Variable Independiente</b>	El uso combinado de ceniza de cascara de arroz y vidrio desecho en el concreto, contribuyen en el comportamiento mecánico, así como la disminución de las emisiones de CO <sub>2</sub> , convirtiéndose en una estrategia de sostenibilidad y de viabilidad económica para la gestión y el aprovechamiento de residuos agroindustriales e industriales (Arbeláez et al, 2023).	La combinación de estos materiales, en diferentes porcentajes pueden mejorar las propiedades del concreto. Para ello es necesario comprobar y analizar los resultados mediante pruebas de laboratorio.	DOSIFICACIÓN Sustitución en peso de cemento con residuos de cascara de arroz y vidrio	Sustitución con: 5%(RHA)+20%(GP) 10%(RHA)+15%(GP) 15%(RHA)+10%(GP) 20%(RHA)+5%(GP) 23%(RHA)+2%(GP)	Razón
Residuos de cascara de arroz y vidrio					
<b>Variable Dependiente</b>	El concreto es una roca artificial, que aprovecha sus propiedades de resistencia y durabilidad en la construcción, presenta dos etapas claramente definidas: la fresca y la resistente. La primera, aunque temporal, es de gran importancia en cuanto al desarrollo de todas las propiedades en estado endurecido, especialmente la resistencia y la durabilidad (Martallana R, 2019)	En la presente investigación se analizarán de las propiedades físicas y mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> . Cuyo procedimiento se llevará a cabo en un laboratorio de concreto bajo lineamientos de las normativas vigentes	Propiedad física	Trabajabilidad del concreto (Plg)	Razón
Propiedades del concreto f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>			Propiedad mecánica	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Razón
			Propiedad mecánica	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Razón



**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

**EVALUACION DE EXPERTOS**

TITULO DE PROYECTO DE INVESTIGACION:

Influencia del uso de residuos de cascara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.

EXPERTO:

ING. RAMIREZ JULCA VICTORIANO JULIAN

Presento a usted el instrumento de recolección de datos del proyecto de investigación para su revisión y sugerencias.

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos esta orientado a la investigación?	Si
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	Si
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitan el logro de los objetivos de la investigación?	Si
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con la o las variables del estudio?	Si
5. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	Si
6. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población y muestra del estudio?	Si
7. ¿La aplicación del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	Si

SUGERENCIAS:

Ninguna.

ATENTAMENTE:

  
  
Ing. Victoriano Julián Ramírez Julca  
DNI: 81607540  
CIP: 61991

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

**EVALUACION DE EXPERTOS**

TITULO DE PROYECTO DE INVESTIGACION:

Influencia del uso de residuos de cascara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.

EXPERTO:

*Ing. Marcelo Pasquel Abel*

Presento a usted el instrumento de recolección de datos del proyecto de investigación para su revisión y sugerencias.

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos esta orientado a la investigación?	SI
2. ¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	SI
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitan el logro de los objetivos de la investigación?	SI
4. ¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con la o las variables del estudio?	SI
5. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
6. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población y muestra del estudio?	SI
7. ¿La aplicación del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	SI

SUGERENCIAS: *Ninguna.*

---

---

---

---

ATENTAMENTE:

  
ABEL MARCELO PASQUEL  
INGENIERO CIVIL / CIP N° 221456  
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

**TC - 15434 - 2023**

PROFORMA : 1503B Fecha de emisión : 2023-08-16

SOLICITANTE : JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.  
Dirección : MZA. D LOTE. 02 A.V. VILLA GLORIA LIMA - LIMA - CARABAYLLO

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA**  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : OHAUS  
Modelo : R31P30  
N° de Serie : 8339530327  
Capacidad Máxima : 30000 g  
Resolución : 1 g  
División de Verificación : 1 g  
Clase de Exactitud : II  
Capacidad Mínima : 50 g  
Procedencia : REINO UNIDO  
N° de Parte : CHINA  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 4 °C  
Fecha de Calibración : 2023-08-12

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

## Certificado de Calibración

### TC - 15481 - 2023

Proforma : 13360A Fecha de emisión : 2023-08-16

Solicitante : **JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.**  
Dirección : Mza. D Lote. 02 A.V. Villa Gloria Lima - Lima - Carabayllo

**Instrumento de medición** : **Balanza**  
Tipo : Electrónica  
Marca : OHAUS  
Modelo : PR2200/E  
N° de Serie : B927896178  
Capacidad Máxima : 2200 g  
Resolución : 0,01 g  
División de Verificación : 0,1 g  
Clase de Exactitud : II  
Capacidad Mínima : 0,5 g  
Procedencia : China  
Identificación : No indica  
Ubicación : Laboratorio  
Variación de  $\Delta T$  Local : 5 °C  
Fecha de Calibración : 2023-08-12

**Lugar de calibración**  
Instalaciones de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

**Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
Gerente Técnico

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**TC - 14500 - 2023**

Proforma : 13360A Fecha de Emisión : 2023-08-20

Solicitante : JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.  
Dirección : MZA. D LOTE. 02 A.V. VILLA GLORIA LIMA - LIMA - CARABAYLLO

Equipo : Horno  
Marca : FORMA SCIENTIFIC  
Modelo : No indica  
Número de Serie : 32855-158  
Identificación : No indica  
Procedencia : EE.UU.  
Circulación del aire : Turbulencia  
Ubicación : Laboratorio  
Fecha de Calibración : 2023-08-12

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	Digital	0 °C a 800 °C	1 °C
Selector	Digital	0 °C a 250 °C	1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración  
Instalaciones de TEST & CONTROL S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración  
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Condiciones de calibración

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	18,9 °C	69 %hr	221 V
Final	19,4 °C	68 %hr	220 V

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### TC - 15702 - 2023

PROFORMA : 13360A

Fecha de emisión: 2023 - 08 - 17

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Dirección : Mza. D Lote. 02 A.V. Villa Gloria Lima - Lima - Carabayllo

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO**

Marca : HIWEIGH  
Modelo : X8  
N° de Serie : 752  
Alcance de Indicación : 30000 kgf  
División de Escala : 1 kgf  
Procedencia : PERÚ  
Identificación : NO INDICA  
Fecha de Calibración : 2023 - 08 - 16  
Gravedad Local : 9,7823 m/s<sup>2</sup>  
Ubicación : NO INDICA

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

#### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

#### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación indirecta tomando como referencia la norma UNE-EN ISO 376. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza utilizados para la verificación de las maquinas de ensayo uniaxial.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	58,3 % HR	57,4 % HR

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

**GRANULOMETRIA**

ENSAYO:	GRANULOMETRIA - AGREGADO FINO		
NORMA :	ASTM C136		
CANTERA :		FECHA DE MUESTREO	
UBICACIÓN:		FECHA DE ENSAYO	

PESO INICIAL HUMEDO (g)		% W =	
PESO INICIAL SECO (g)		MF =	

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"						
3/8"						
Nº4						
Nº8						
Nº 16						
Nº 30						
Nº 50						
Nº 100						
FONDO						

ENSAYO:	GRANULOMETRIA - AGREGADO GRUESO		
NORMA :	ASTM C136		
CANTERA :		FECHA DE MUESTREO	
UBICACIÓN:		FECHA DE ENSAYO	

PESO INICIAL HUMEDO (g)		% W =	
PESO INICIAL SECO (g)		MF =	

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
Nº 4						
Nº 8						
Nº 16						
FONDO						

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO</b>			
MATERIAL:	CONTENIDO DE HUMEDAD		
NORMA:	NTP 339.127		
CANTERA:	FECHA DE MUESTREO		
UBICACIÓN:	FECHA DE ENSAYO		

<b>Nº DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA + MOLDE (gr.)</b>				
<b>PESO DE MOLDE (gr.)</b>				
<b>PESO DEL MOLDE + MUESTRA SECA</b>				
<b>MUESTRA SECA</b>				
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>				

<b>Nº DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>PESO DE MUESTRA HUMEDA + MOLDE (gr.)</b>				
<b>PESO DE MOLDE (gr.)</b>				
<b>PESO DEL MOLDE + MUESTRA SECA</b>				
<b>MUESTRA SECA</b>				
<b>CONTENIDO DE AGUA</b>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>				



**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

**PESO UNITARIO**

MATERIAL:	AGREGADO FINO		
NORMA:	ASTM C29		
CANTERA:		FECHA DE MUESTREO	
UBICACIÓN:		FECHA DE ENSAYO	

MUESTRANº		M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g		
2	Peso del Molde	g		
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g		
4	Volumen del Molde	cc		
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc		
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc		

MUESTRANº		M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g		
2	Peso del Molde	g		
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g		
4	Volumen del Molde	cc		
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc		
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		g/cc		

**PESO UNITARIO (F, G o G1b)**

MATERIAL:	AGREGADO GRUESO		
NORMA:	ASTM C29		
CANTERA:		FECHA DE MUESTREO	
UBICACIÓN:		FECHA DE ENSAYO	

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g		
2	Peso del Molde	g		
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g		
4	Volumen del Molde	cc		
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc		
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc		

MUESTRANº		M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g		
2	Peso del Molde	g		
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g		
4	Volumen del Molde	cc		
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc		
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		g/cc		

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS						
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO					
NORMA:	ASTM C127					
CANTERA:				FECHA DE MUESTREO		
UBICACIÓN:				FECHA DE ENSAYO		
MUESTRA Nº				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g			
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g			
3	Peso muestra Seco	C	g			
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc			
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc			
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc			
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100		%			

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN						
MATERIAL:	AGREGADO FINO					
NORMA:	ASTM C127					
CANTERA:				FECHA DE MUESTREO		
UBICACIÓN:				FECHA DE ENSAYO		
MUESTRA Nº				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua		g			
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon		g			
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)		g			
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon		g/cc			
5	Peso del Balon Nº 2		g/cc			
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)		g/cc			
7	Volumen del Balon (V = 500)		cc			
<b>RESULTADOS</b>						
<b>PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))</b>			g/cc			
<b>PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))</b>			g/cc			
<b>PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])</b>			g/cc			
<b>PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]</b>			%			

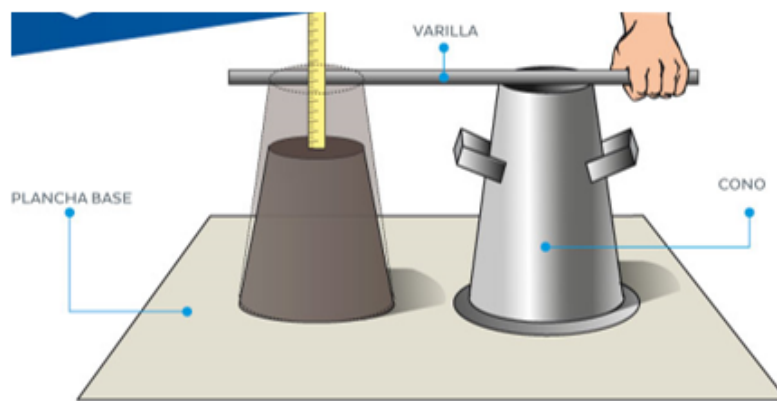
**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

DISEÑO DE MEZCLA POR METODO ACI 211						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL						
AGREGADO FINO						
AGREGADO GRUESO						
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1 ASENTAMIENTO						pulg
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL						pulg
3 RELACION AGUA CEMENTO						
4 AGUA						
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %						
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO						
<b>B) ANÁLISIS DE DISEÑO</b>						
<b>FACTOR CEMENTO</b>						
Volumen absoluto del cemento						Kg/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del Agua						Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del Aire						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						
Volumen absoluto del Agregado fino						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del Agregado grueso						m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>						
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
CEMENTO						Kg/m <sup>3</sup>
AGUA						Lt/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO						Kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO						Kg/m <sup>3</sup>
<b>PESO DE MEZCLA</b>						
						Kg/m <sup>3</sup>
<b>D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD</b>						
AGREGADO FINO HUMEDO						Kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO HUMEDO						Kg/m <sup>3</sup>
<b>E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
AGREGADO FINO						
AGREGADO GRUESO						
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>						
						Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> EN PESO HUMEDO</b>						
CEMENTO						Kg/m <sup>3</sup>
AGUA						Lts/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO						Kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO						Kg/m <sup>3</sup>
<b>PESO DE MEZCLA</b>						
						Kg/m <sup>3</sup>
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES 42.50 kg</b>						
CEMENTO						Kg
AGUA						Lts
AGREGADO FINO						Kg
AGREGADO GRUESO						Kg
<b>H) DOSIFICACION EN PESO (m3)</b>						
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua			
<b>I) DOSIFICACION POR VOLUMEN (m3)</b>						
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua			
<b>J) DOSIFICACION POR BALDES DE 20L (P3)</b>						
Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua			

**INFLUENCIA DEL USO DE RESIDUOS DE CASCARA DE ARROZ Y VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, AV. PROLONGACIÓN NARANJAL, LIMA, 2023.**

**REPORTE DE MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND ASTM C143 / NTP 339.035**

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO CENTIMETROS



**MÉTODO DEL SLUMP**

### Anexo 3. Certificado de ensayos de laboratorio



Cel.: 916 333 983 / 922 381 804  
 jcgeotecnia laboratorio@gmail.com  
 informes@jc-geotecnia.com  
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2  
 Carabayllo - Lima

www.jc-geotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001				
		Revisión	1				
		Aprobado	AM-JC				
		Fecha	3/01/2022				
<b>LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211</b>							
REFERENCIA : Datos del Laboratorio SOLICITANTE : HURTADO PRINCIPE ROY JHON TESIS : INFLUENCIA DEL USO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (RHA) Y POLVO DE VIDRIO DESECHO (GP) EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO VÍA, AV. NARANJAL, LIMA, 2023 UBICACIÓN : LIMA-NORTE							
<b>F c 210 kg/cm2</b>							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>	
CEMENTO SOL	3.13	2.72	2.7	1.4	1842.0	2013.0	
AGREGADO FINO	2.54						
AGREGADO GRUESO	2.70						0.6
A) VALORES DE DISEÑO 1 ASENTAMIENTO 4 pulg 2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4 pulg 3 RELACION AGUA CEMENTO 0.66 4 AGUA 205 5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO % 2.0 6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO 0.37							
B) ANÁLISIS DE DISEÑO FACTOR CEMENTO 325 Kg/m <sup>3</sup> 7.6 Bls/m <sup>3</sup> Volumen absoluto del cemento 0.1038 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> Volumen absoluto del Agua 0.2050 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> Volumen absoluto del Aire 0.0200 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS 0.329 Volumen absoluto del Agregado fino 0.3034 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> Volumen absoluto del Agregado grueso 0.3678 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS 1.000							
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO CEMENTO 325 Kg/m <sup>3</sup> AGUA 205 Lt/m <sup>3</sup> AGREGADO FINO 771 Kg/m <sup>3</sup> AGREGADO GRUESO 993 Kg/m <sup>3</sup> PESO DE MEZCLA 2294 Kg/m <sup>3</sup>							
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD AGREGADO FINO HUMEDO 791.6 Kg/m <sup>3</sup> AGREGADO GRUESO HUMEDO 999.0 Kg/m <sup>3</sup>							
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS AGREGADO FINO % AGREGADO GRUESO -10.00 AGREGADO GRUESO 0.00 AGREGADO GRUESO -10.00 AGUA DE MEZCLA CORREGIDA 215.0 Lts/m <sup>3</sup>							
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO CEMENTO 325 Kg/m <sup>3</sup> AGUA 215 Lts/m <sup>3</sup> AGREGADO FINO 792 Kg/m <sup>3</sup> AGREGADO GRUESO 999 Kg/m <sup>3</sup> PESO DE MEZCLA 2330 Kg/m <sup>3</sup>							
G) CANTIDAD DE MATERIALES 42.50 kg CEMENTO 42.50 Kg AGUA 28.13 Lts AGREGADO FINO 103.57 Kg AGREGADO GRUESO 130.71 Kg							
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) C 1.0 A.F 2.44 A.G 3.08 H2o 0.7							
Elaborado por:	Revisado por:		Aprobado por:				
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO				



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC  
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

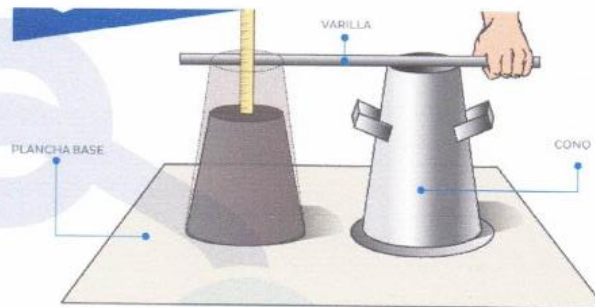
Cel.: 916 333 983 / 922 381 804  
jcgeotecnialaboratorio@gmail.com  
informes@jc-geotecnia.com  
Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2  
Carabaylo - Lima

[www.jc-geotecnia.com](http://www.jc-geotecnia.com)

## REPORTE DE MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND ASTM C143 / NTP 339.035

SOLICITADO POR: HURTADO PRINCIPE ROY JHON

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO CM
Mezcla patron (MP)	10.50
<b>MC-1:</b> MP+5%RHA+20%GP	9.10
<b>MC-2:</b> MP+10%RHA+15%GP	7.70
<b>MC-3:</b> MP+15%RHA+10%GP	6.30
<b>MC-4:</b> MP+20%RHA+5%GP	4.80
<b>MC-5:</b> MP+23%RHA+2%GP	2.00



### MÉTODO DEL SLUMP

  
ABEL MARCELO PASQUEL  
INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456  
JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC  
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 922 381 804  
jcgeotecnialaboratorio@gmail.com  
informes@jc-geotecnia.com  
Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2  
Carabayllo - Lima

www.jc-geotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	AM-JC
		Fecha	2/01/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS  
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Hurtado Príncipe Roy Jhon
TESIS	: Influencia del uso de ceniza de Cáscara de Arroz (RHA) y Polvo de Vidrio Desecho (GP) en las propiedades del Concreto Via, Av. Naranjal, Lima, 2023
UBICACIÓN	: Lima

Fecha de emisión: 23/10/2023

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>c</sub>
PATRON	16/10/2023	23/10/2023	7	11550	78.5	147.1	210.0	70.0
PATRON	16/10/2023	23/10/2023	7	12100	78.5	154.1	210.0	73.4
PATRON	16/10/2023	23/10/2023	7	11870	78.5	151.1	210.0	72.0

#### EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

#### OBSERVACIONES:

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material reftentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por: 	Revisado por:  ABEL MARCELO PASOL, I. INGENIERO CIVIL / CIP N° 221455 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC  
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 922 381 804  
jcgeotecnialaboratorio@gmail.com  
informes@jc-geotecnia.com  
Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2  
Carabayllo - Lima

www.jc-geotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	AM-JC
		Fecha	2/01/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS  
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Hurtado Príncipe Roy Jhon
TESIS	: Influencia del uso de ceniza de Cáscara de Arroz (RHA) y Polvo de Vidrio Desecho (GP) en las propiedades del Concreto Vía, Av. Naranjal, Lima, 2023
UBICACIÓN	: Lima
Fecha de emisión: 23/10/2023	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>c</sub>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 5% + Polvo de vidrio desecho (GP) 20%	16/10/2023	23/10/2023	7	10930	78.5	139.2	210.0	66.3
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 5% + Polvo de vidrio desecho (GP) 20%	16/10/2023	23/10/2023	7	10810	78.5	137.6	210.0	65.5
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 5% + Polvo de vidrio desecho (GP) 20%	16/10/2023	23/10/2023	7	10780	78.5	137.3	210.0	65.4

#### EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

#### OBSERVACIONES:

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material reftentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ABEL MARCELO PASCO INGENIERO CIVIL - CIP N° 221455 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO





**JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC**  
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 922 381 804  
jcgeotecnia laboratorio@gmail.com  
informes@jc-geotecnia.com  
Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2  
Carabayllo - Lima

www.jc-geotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01	
		Fecha	02-01-2023	
		Página	1 de 1	

TESIS : Influencia del uso de ceniza de Cáscara de Arroz (RHA) y Polvo de Vidrio Desecho (GP) en las propiedades del Concreto Via, Av. Naranjal, Lima, 2023

SOLICITANTE : Hurtado Príncipe Roy Jhon

UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima - 2023

FECHA DE EMISIÓN : 13/11/2023

FECHA DE ENSAYO : 13/11/2023

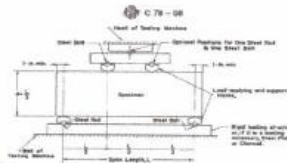
Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Especímenes prismáticos

F'c de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>

#### RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRON	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	30.0 kg/cm <sup>2</sup>
PATRON	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	30.4 kg/cm <sup>2</sup>
PATRON	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	29.5 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 5% + Polvo de vidrio desecho (GP) 20%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	27.6 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 5% + Polvo de vidrio desecho (GP) 20%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	27.2 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 5% + Polvo de vidrio desecho (GP) 20%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	28.0 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 10% + Polvo de vidrio desecho (GP) 15%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	32.1 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 10% + Polvo de vidrio desecho (GP) 15%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	32.4 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 10% + Polvo de vidrio desecho (GP) 15%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	32.7 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 15% + Polvo de vidrio desecho (GP) 10%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	32.0 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 15% + Polvo de vidrio desecho (GP) 10%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	32.7 kg/cm <sup>2</sup>
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 15% + Polvo de vidrio desecho (GP) 10%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	33.5 kg/cm <sup>2</sup>



#### OBSERVACIONES:

- \* Muestras Proporcionadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO



**JC GEOTECNIA LABORATORIO SAC**  
SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

Cel.: 916 333 983 / 922 381 804  
 jcgeotecnia laboratorio@gmail.com  
 informes@jc-geotecnia.com  
 Asociación Villa Gloria Mz D Lt 2  
 Carabayllo - Lima

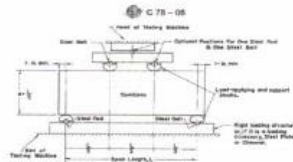
www.jc-geotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	02-01-2023
		Página	1 de 1

TESIS : Influencia del uso de ceniza de Cáscara de Arroz (RHA) y Polvo de Vidrio Desecho (GP) en las propiedades del Concreto Vía. Av. Naranjal, Lima, 2023  
 SOLICITANTE : Hurtado Príncipe Roy Jhon  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima - 2023  
 FECHA DE EMISIÓN : 13/11/2023  
 Tipo de muestra : Concreto endurecido  
 Presentación : Especímenes prismáticos  
 F'c de diseño : 210 kg/cm2  
 FECHA DE ENSAYO : 13/11/2023

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 20% + Polvo de vidrio desecho (GP) 5%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	28.0 kg/cm2
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 20% + Polvo de vidrio desecho (GP) 5%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	27.7 kg/cm2
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 20% + Polvo de vidrio desecho (GP) 5%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	28.3 kg/cm2
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 23% + Polvo de vidrio desecho (GP) 2%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	25.9 kg/cm2
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 23% + Polvo de vidrio desecho (GP) 2%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	25.5 kg/cm2
Ceniza de cáscara de arroz (RHA) 23% + Polvo de vidrio desecho (GP) 2%	16/10/2023	13/11/2023	28 días	2	45.0	26.3 kg/cm2





**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras Proporcionadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JC GEOTECNIA LABORATORIO.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ABEL MARCELO PASQUEL INGENIERO CIVIL - CIP N° 221456 JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD JC GEOTECNIA LABORATORIO S.A.C. Control de Calidad JC GEOTECNIA LABORATORIO
---	---	---

## Anexo 4. SOSTENIBILIDAD.

### Influencia del uso de residuos de cascara de arroz y vidrio en las propiedades del concreto, Av. Prolongación Naranjal, Lima, 2023.

Cita	Referencia	Q Pais (Q1 y Q2)	Vacío teórico (brecha de conocimiento a cerrar)	Proceso verde asociado a la construcción (producción)	Sostenibilidad (será permanente y su impacto en el medio ambiente)
(Marathe, et al., 2021) (4)	<i>Durability and microstructure studies on Slag-Fly Ash-Glass powder based alkali activated pavement quality concrete mixes.</i> <b>Marathe, S., Mithanthaya, I. y Yekkar, R.</b> India : s.n., 2021, Construction and Building Materials, pág. 16. 1.	Q1 (India) 	Se cierra el vacío teórico en la que los referentes recomiendan desarrollar mezclas de concreto usando insumos de desechos como el <b>vidrio</b> en combinación con <b>ceniza de cascara de arroz.</b> <b>Debido a que son escasas las investigaciones en combinación de dichos insumos.</b>	La alternativa de utilización de la cascara de arroz en el concreto permitirá su valorización en productos de alto valor agregado y el impacto favorable para el cuidado del medio ambiente. (Cataño, et al., 2021).  Va mitigar el grado de sobreexplotación de los áridos naturales en el proceso de fabricación del cemento, mediante la sustitución parcial del cemento en concreto con el uso de desechos sólidos y agroindustriales estudiadas en la presente investigación. Para lo cual se determinó la influencia positiva en las propiedades mecánicas del concreto, llegando al grado de aceptación de la hipótesis de la presente investigación.	En el Perú se cuenta con gran cantidad de desechos de vidrio y cascara de arroz que en su mayoría se encuentran en desuso y mala disposición en el entorno, generando un impacto negativo contra el medio ambiente, las mismas que serán mitigadas mediante el uso en la fabricación del concreto como insumo cementicio. Dichos desechos son producidos de manera continua la misma que garantizaría la oferta continua en el tiempo para su uso procesado y transformado como insumo cementicio en el concreto. Así mismo tendrá un impacto positivo en el medio ambiente, con la reducción de desechos, mediante el uso transformado como material cementicio en el concreto, el mismo que será de gran aporte en la construcción sostenible de vías con concreto rígido.
(Safdar, et al., 2022) (34)	<i>Mechanical properties, flexural behavior, and chloride permeability of high-performance steel fiber-reinforced concrete (SFRC) modified with rice husk ash and micro-silica.</i> <b>Safdar, S., y otros.</b> 2022, Construction and Building Materials, Vol. 359.	Q1 (Paquistán) 			

Fuente: Elaboración propia.