

17. USO DE CENIZA DE TARA COMO SUSTITUTO DEL CEMENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO¹⁸⁶

Elmer Fernando Pumaricra Milla¹⁸⁷, Sleyther Arturo De La Cruz Vega¹⁸⁸, Hans Mejía Guerrero¹⁸⁹, Ccori Siello Vega Neyra¹⁹⁰, Patricia Maribel Yllescas Rodriguez¹⁹¹

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo determinar la resistencia del concreto al sustituir el peso del cemento porcentualmente por ceniza de Tara. La investigación tiene una metodología aplicada, un diseño experimental y un método cuantitativo, para llevar a cabo la investigación se realizó estudios correspondientes a las características de los agregados, para la investigación se utilizó un diseño de mezcla para una resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm², según el método ACI 211. La población para la investigación será constituida por probetas de (30 cm de altura x 15 cm de diámetro) especímenes cilíndricos estándares. La muestra estará constituida por 27 probetas cilíndricas estándares, los cuales están conformados por 9 probetas con diferentes porcentajes de sustitución del cemento por la ceniza, el concreto estándar (sustituyendo 0%), concreto experimental 1 (sustituyendo 4%) y experimental 2 (sustituyendo 8%). Según los resultados conseguidos a los 28 días, el concreto experimental 1 (sustituyendo 4%) alcanzo una resistencia del 104,44% con respecto al $f'c$ diseño, a diferencia, del concreto experimental 2 (sustituyendo 8%) alcanzo una resistencia del 97,78 % con respecto al $f'c$ diseño, por otra parte, el concreto convencional alcanzo una resistencia de 113.81% respecto al $f'c$ de diseño. En conclusión, la ceniza tiene una influencia en la resistencia del concreto, dado que el concreto experimental 1 y 2 adquirieron una resistencia inferior al del concreto convencional.

¹⁸⁶ Derivado del proyecto de investigación: Uso de ceniza de tara como sustituto del cemento para la elaboración del concreto.

¹⁸⁷ Universidad César Vallejo, Estudiante, efpumaricra@ucvvirtual.edu.pe

¹⁸⁸ Universidad César Vallejo, Docente, sleyther@ucvvirtual.edu.pe

¹⁸⁹ Universidad César Vallejo, Docente, [hmejiag@ucv.edu.pe](mailto:hmejia@ucv.edu.pe)

¹⁹⁰ Universidad César Vallejo, Docente, coricielo@gmail.com

¹⁹¹ Universidad César Vallejo, pyllescas@ucv.edu.pe

ABSTRACT

The research aims to determine the strength of concrete by substituting the weight of cement as a percentage by Tara ash. The research has an applied methodology, an experimental design and a quantitative method, to carry out the research studies corresponding to the characteristics of the aggregates were carried out, for the research a mixture design was used for a concrete resistance $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, according to the ACI 211 method. The population for the research will consist of specimens (30 cm high x 15 cm in diameter) standard cylindrical specimens. The sample will consist of 27 standard cylindrical specimens, which are made up of 9 specimens with different percentages of substitution of cement by ash, standard concrete (substituting 0%), experimental concrete 1 (replacing 4%) and experimental 2 (replacing 8%). According to the results achieved at 28 days, experimental concrete 1 (replacing 4%) reached a resistance of 104.44% with respect to the f'_c design, unlike experimental concrete 2 (substituting 8%) reached a resistance of 97.78% with respect to f'_c design, on the other hand, conventional concrete reached a resistance of 113.81% with respect to the design f'_c . In conclusion, ash has an influence on the strength of concrete, since experimental concrete 1 and 2 acquired a lower strength than conventional concrete.

PALABRAS CLAVE: Cemento, Tara, Resistencia, Concreto.

Keywords: Cement, Tare, Resistance, Concrete.

INTRODUCCIÓN

En la historia de la construcción los elementos utilizados son múltiples, desde el barro, la roca y muchos otros recursos o productos que se han puesto en uso con éxito y de forma errónea. Actualmente, el más utilizado es el concreto, por la demanda que ejerce en la construcción y calidad que ofrece. (Elías et al., 2020).

La construcción es el sector económico con mayor desarrollo dentro de un país, y siendo el concreto el material primordial para llevar a cabo el funcionamiento de dicho sector. (Moreno et al., 2020).

El concreto muy empleado, debido a la importancia dentro de la construcción, el cual genera mucha demanda de los materiales que se emplea para su propia elaboración. (Uriarte y Cieza, 2021).

El concreto está conformada por cemento y partículas de piedra triturada, las cuales ayudaran al concreto adquirir diferentes propiedades, como trabajabilidad, la textura y resistencia, las cuales influyen en la calidad de la construcción. (De La Cruz et al., 2022).

La importancia que tiene los agregados en la obra, para la elaborar el concreto, algunas constructoras requieren conocer las propiedades del material para su empleo, debido que depende de las propiedades que presenta este material para que el concreto adquiriera una resistencia de diseño requerida. (Zavaleta, Reátegui y Duarte, 2022).

Producir cemento a nivel mundial significa extraer, convertir y reducir los recursos naturales, además contribuir en el impacto ambiental que genera en cada uno de los países que lo elaboran. (Prieto et al., 2019).

El uso excesivo del cemento ha proporcionado un problema en todo el mundo, debido que su producción genera tanta contaminación por a los componentes que se integra para ser fabricado. (León, Torres y Rodríguez, 2020).

Actualmente la demanda producida por el uso mayor de materiales y técnicas de construcción tradicionales y no tradicionales, lleva a los proyectistas a buscar nuevos productos alternativos e innovadores con propiedades factibles y aceptables para la construcción, además para contribuir con el desarrollo sostenible en el sector de la construcción. Incluso a través de diversas encuestas en todo el mundo, se ha confirmado que

existe la necesidad de utilizar materiales que puedan reemplazar el cemento en la actualidad. (Castillo et al., 2021).

El empleo de la ceniza en la elaboración del concreto tiene varios beneficios, como el menor costo, reduce la cantidad de ceniza y contribuyen en la trabajabilidad, en la durabilidad y en su resistencia (Huaquisto y Belizario, 2018).

La investigación tiene como objetivo determinar la resistencia del concreto al sustituir el peso del cemento porcentualmente por ceniza de Tara. Por lo cual se analizará los componentes principales de la ceniza, también realizar el estudio de las propiedades de los agregados, y por último se realizará un diseño de mezclas para una resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación es de tipo aplicativo, el cual brinda información con el propósito de solucionar un problema específico, el estudio está conformada por un diseño experimental, de nivel descriptivo y un enfoque cuantitativo. El diseño experimental tiene como propósito principal determinar la presencia de una determinada diferencia significativa entre los experimentos, lo cual se indicará la magnitud de esta diferencia. (Badii, M. et al., 2019).

La variable tiene como característica obtener distintos valores y el cual puede medir la variación que existe entre dos valores, para recibir esta nominación debe variar entre dos valores. (Oyola, 2021).

La operacionalización de variables comprende un conjunto de técnicas de (destreza y habilidades) y métodos de procedimiento que permiten medir una variable en una investigación, es el proceso de separar y analizar una variable en componentes que permiten medirla. (Arias, 2021).

Las muestras de estudio considerado son de 27 probetas de concreto las cuales serán sometidas a la prueba de rotura en los días 7, 14, 28 días, para proporciones de 0%, 4% y 8 % de ceniza con respecto al peso del cemento respectivamente, para el diseño de mezclas para el concreto se realizó mediante el método ACI Comité 211. El cemento empleado es el cemento Portland tipo 1 con peso específico de 3.11 gr/cm^3 y los agregados fueron adquiridos de la cantera de Challhua localizada Huaraz-Huaraz-Ancash.

Procedimientos para la investigación:

Fase 1: Recolección de materiales para llevar a cabo la elaboración del estudio, como por ejemplo el agregado, la ceniza de tara y cemento.

Fase 2: Estudio a las propiedades de los agregados de acuerdo a las normas nacionales e internacionales:

Tabla 8. Ensayo de los agregados.

Análisis Granulométrico.	ASTMC 136 (NTP 400.012).
Contenido de Humedad	ASTM C 566 (NTP 339.185).
Peso Unitario	ASTM C29 (NTP 400.017).
Peso Unitario y Porcentaje de Absorción.	ASTM C127- C1 28 (NTP 400.021-400.022).

Fase 3: Realizar el diseño de mezclas mediante el método ACI- 211, para determinar las proporciones para el concreto sustituyendo 0%, 4% % y 8 % de ceniza con respecto al peso del cemento.

Fase 4: Realización de las probetas cilíndricas de 30 cm de altura y diámetro de 15 cm, las cuales permanecerán 24 horas en el molde, para luego ser desencofrados y realizar el curado correspondiente.

Fase 5: Ensayo de la resistencia a compresión del concreto experimental 1 (sustituyendo 4% el peso del cemento por la ceniza), concreto experimental 2 (sustituyendo 8% el peso del cemento por la ceniza) y del concreto convencional mediante la norma ASTM C39/C39-M a los 7, 14 y 28 días.

RESULTADOS

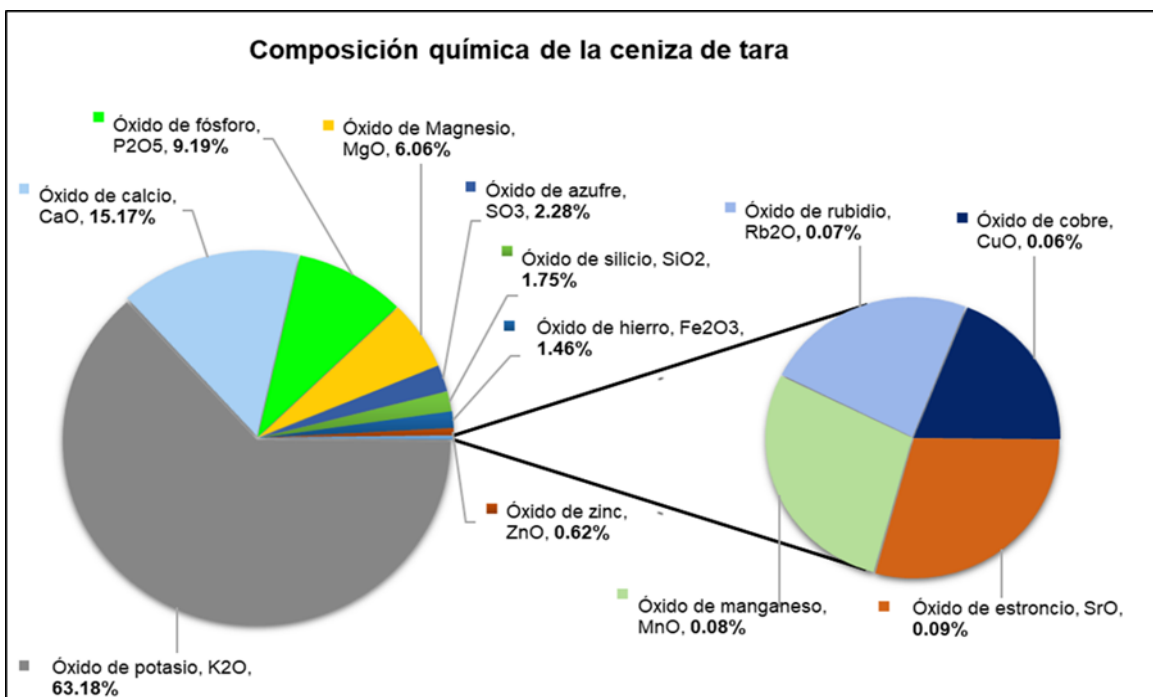
Ceniza de tara.

La muestra fue llevada al laboratorio para realizar el ensayo de fluorescencia de rayos X, el cual determinara la composición química que presenta la muestra.

Figura 1. Muestra de la ceniza



Figura 2. Grafica del componente químico que presenta la ceniza de tara.



En la figura se muestra la cantidad de porcentaje de óxidos que presenta la muestra.

Tabla 9. Composición química de la muestra de ceniza

Composición química	Resultados	Método utilizado
Óxido de potasio, K ₂ O	63.178%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva
Óxido de calcio, CaO	15.171%	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	9.189%	
Óxido de Magnesio, MgO	6.059%	
Óxido de azufre, SO ₃	2.280%	
Óxido de silicio, SiO ₂	1.749%	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	1.460%	
Óxido de zinc, ZnO	0.623%	
Óxido de estroncio, SrO	0.085%	
Óxido de manganeso, MnO	0.082%	
Óxido de rubidio, Rb ₂ O	0.069%	
Óxido de cobre, CuO	0.056%	

De acuerdo al resultado obtenido, la composición química de la ceniza esta, con formada con un 63.178% del óxido de potasio, así mismo con 15.171% oxido de calcio, por otra parte, el óxido de fosforo con un 9.171 %, también el óxido de magnesio con un 6.059% siendo los principales componentes que presenta la muestra, también presenta otros óxidos como se puede apreciar en la tabla 2.

Los agregados

Tabla 10. Características del agregado para la elaboración de concreto

Propiedades físicas	Agregado		Unidad
	Fino	Grueso	
Tamaño máximo	N°4	1"	Pulg
Contenido de humedad	7.03	0.72	%
Módulo de finura	2.79	7.548	-
Peso unitario suelto	1.62	1.481	ton/m ³
Peso unitario compactado	1.75	1.494	kg/m ³
Peso específico	2.64	2.81	kg/m ³
Porcentaje de absorción	2.17	1.17	%

La tabla muestra el resumen de los resultados conseguidos de las propiedades del agregado fino y grueso de la cantera “Challhua”. Las cuales nos servirá como dato para a realizar un diseño de mezclas correcto para llevar a cabo la investigación.

Las características de los agregados forman parte significativa en el proceder del concreto, tanto en su etapa fresco, como en su etapa de endurecimiento. (León y Ramírez, 2010).

Diseño de mezclas.

Tabla 11. Cantidad de material por un metro cubico de concreto

Material	Kg/m3	Dosificación	Unidad
Cemento:	378.00	0.251	m3
Arena:	888.00	0.506	m3
Piedra:	1008.00	0.668	m3
Agua:	157.19	0.157	m3

Tabla 12. Proporciones en peso y volumen

Material	Peso	Volumen
Cemento:	1	1
Arena:	2.35	2.03
Piedra:	2.67	2.68
Agua:	0.42	17.67

El diseño de la mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con una relación A/C de 0.51. La determinación la cantidad proporción en peso del diseño, Se muestran los siguientes resultados: Cemento $378.00/378.00 = 1$. Agregado fino $888.00/378.00 = 2.35$, agregado grueso: $1008.00/378.00 = 2.67$, agua $157.19/378.00 = 0.42$, la cual utilizaremos en la investigación.

La cantidad de dosificación de ceniza a sustituir a sido según el peso del cemento en las proporciones indicadas para la mezcla, por lo tanto, Para un metro cúbico de concreto tenemos: Cemento = 378.00 kg, agregado fino = 888.00 kg, agregado grueso = 1008.00 kg y 157.19 litros de agua.

Tabla 13. Dosificación para 9 muestras de concreto

Dosificación del concreto convencional y del concreto experimental "1" y "2"					
Muestra	Cemento (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (Lt)	Cenizas de Tara (kg)
Concreto patrón.	18.937	44.488	50.500	7.888	0.000
Concreto experimental 1.	18.180	44.488	50.500	7.888	0.757
Concreto experimental 2.	17.422	44.488	50.500	7.888	1.515

Las proporciones del concreto convencional (al sustituir el 0% de cemento por la ceniza), del concreto experimental 1 (al sustituir el 4% de cemento por la ceniza) y del concreto experimental 2 (al sustituir el 8% el cemento por la ceniza), respectivamente.

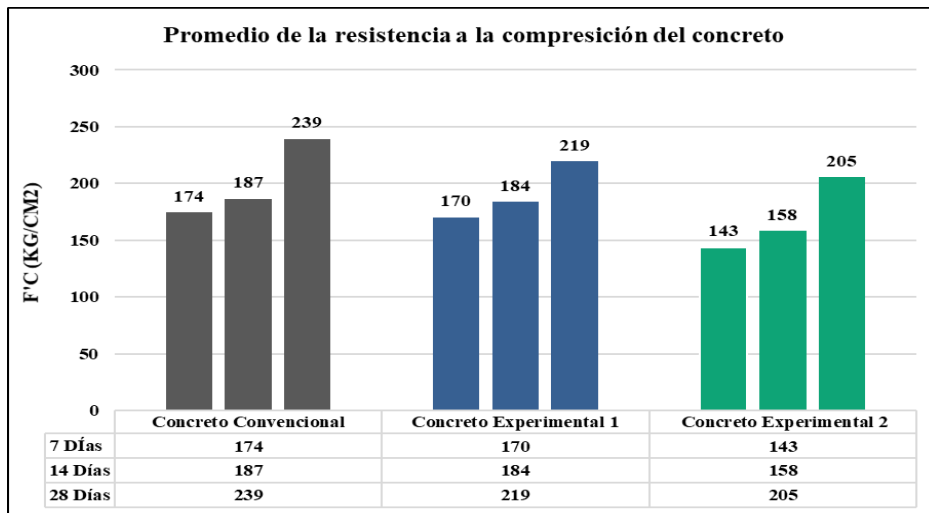
Resistencia a compresión del concreto convencional y del concreto experimental "1" y "2"

Tabla 14. Promedio de resistencia compresión del concreto según días y porcentaje de ceniza sustituida en el concreto $f'c=210$ kg/cm².

% de ceniza de tara	7 días		14 días		28 días	
	F'c (kg/cm ²)	F'c/F'cd (%)	F'c (kg/cm ²)	F'c/F'cd (%)	F'c (kg/cm ²)	F'c/F'cd (%)
0	174	83.01	187	88.89	239	113.81
4	170	81.11	184	87.46	219	104.44
8	143	68.25	158	75.24	205	97.78

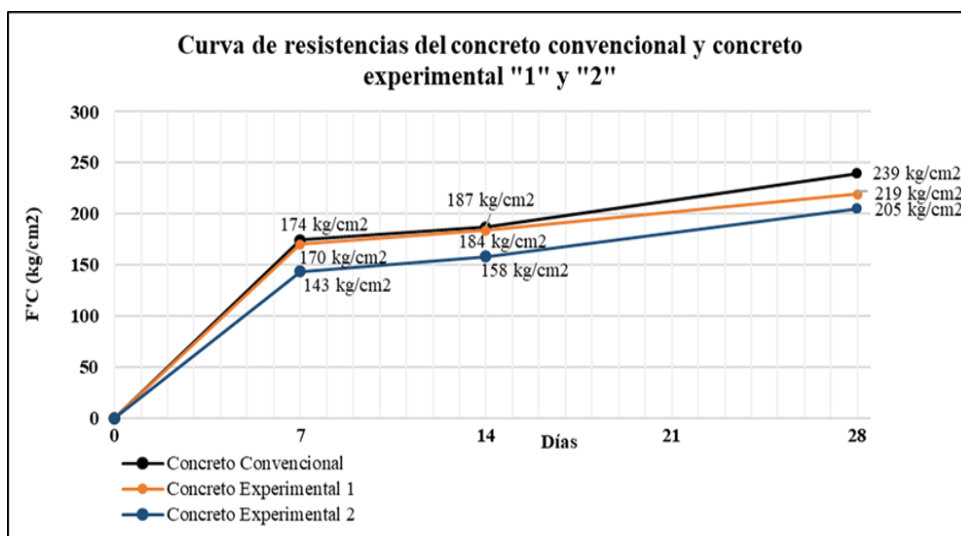
Promedio de resistencias obtenidas del concreto a los 7, 14 y 28 días según $f'c$ de diseño, de acuerdo a los porcentajes correspondiente de ceniza de tara sustituida.

Figura 3. Resistencia del concreto convencional y experimental "1" y "2"



En la figura 3 presenta los valores promedio de la resistencia del concreto a los 7, 14 y 28 días, tanto del concreto con sustituyendo 0%, 4% y 8% el peso del cemento por ceniza de tara, el cual el concreto experimental 1 (al sustituir el 4% el cemento por la ceniza) alcanzo una resistencia mayor al del concreto experimental 2 (al sustituir el 4% el cemento por la ceniza), por otra parte, el concreto convencional logro superar tanto al concreto experimental "1" y "2".

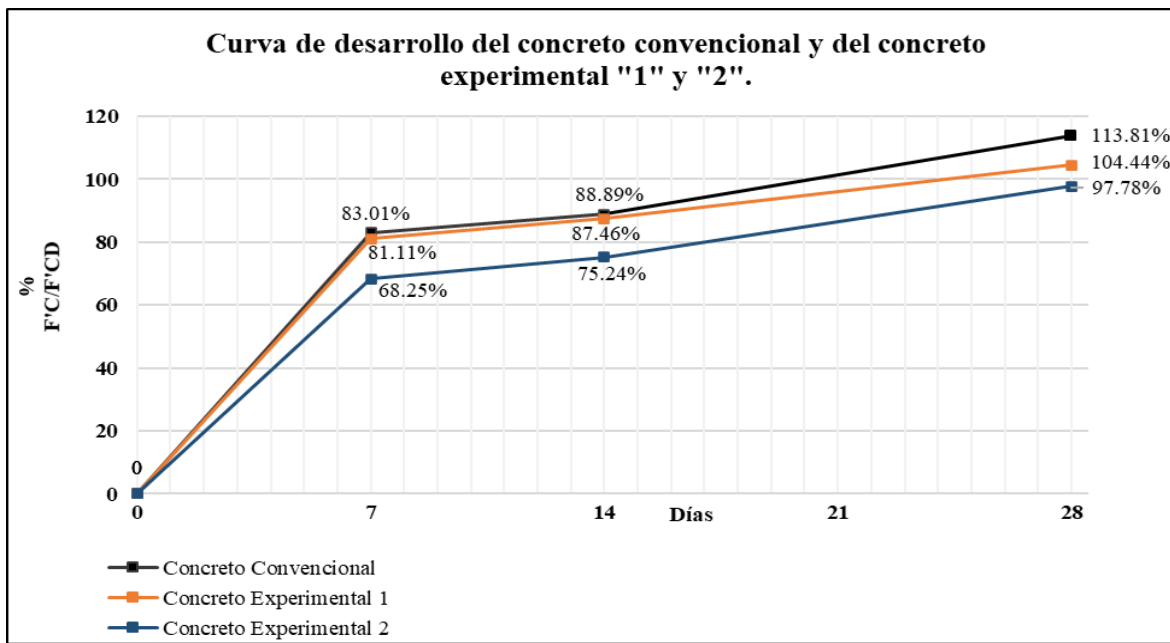
Figura 4. Gráfico de Resistencia del concreto convencional y experimental "1" y "2"



En la figura 4 presenta los valores de la resistencia obtenida hasta los 28 días del concreto con sustituyendo 0%, 4% y 8% el peso del cemento por ceniza de tara, en la

investigación se ha tomado en cuenta los rangos mayores a los 28 días, teniendo en cuenta que el concreto a esa edad puede alcanzar casi su totalidad de resistencia.

Figura 5. Gráfico de Resistencia del concreto respecto al f'_c de diseño



La figura 5 presenta los valores de la resistencia de diseño alcanzada hasta los 28 días, del concreto con sustituyendo 0%, 4% y 8% el peso del cemento por ceniza de tara, el cual el concreto experimental 1 y el concreto convencional superaron la resistencia de diseño, a diferencia del concreto experimental 2.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a la resistencia compresión del concreto a los 28 días, las muestras de concreto con sustitución de 4% y 8% de la ceniza de tara con relación al peso del cemento, alcanzaron una resistencia promedio de 219 y 205 kg/cm², por tanto, la ceniza se podría utilizar con sustituciones de menor porcentaje, dado que el concreto experimental 1 (sustituyendo 4%) logro superar el $f'c$ de diseño, a diferencia del concreto experimental 2 (sustituyendo 8%). Según Huaquisto y Quenta (2021) en su investigación argumenta que la sustitución recomendable del cemento por la ceniza seria de porcentajes inferiores de 5% el cual la resistencia del concreto logra mantener una resistencia optima a diferencia de otras sustituciones que superan al 5%.


Por lo que se concluye que al sustituir menores porcentajes de cemento por ceniza brinda mejores resultados a la resistencia del concreto.

Según Díaz (2011) en su investigación argumenta que el diseño de mezcla depende de cada uno de sus componentes, las cuales se obtiene de los resultados finales que se proporcionan en el laboratorio. En la investigación realizada la cantidad de dosificación adquirida de acuerdo al diseño de mezcla fue la óptima, dado que el concreto convencional adquirió una resistencia superior al $f'c$ de diseño. Por otra parte de acuerdo a los resultados adquiridos de la resistencia compresión, el concreto experimental 1 (al sustituir el 4% del peso del cemento por la ceniza) a los 7 días alcanzó una resistencia de 81.11% respecto al $f'c$ de diseño, a los 14 días logró alcanzar una resistencia de 87.46% y los 28 días alcanzó una resistencia de 104.44%, por otra parte, el concreto experimental 2 (al sustituir el 8% del peso del cemento por la ceniza) a los 7 días alcanzó una resistencia de 68.25% respecto al $f'c$ de diseño, a los 14 días logro alcanzar una resistencia de 75.24% y los 28 días alcanzó una resistencia de 97.78%.

Por lo tanto, se concluye que el concreto experimental 1 a los 28 días logró obtener una resistencia superior al $f'c$ de diseño, a diferencia del concreto experimental 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Elías, J., Flores, J., Barrera, R. y Reyna, C. (2020). Efecto de la utilización de agregados de concreto reciclado sobre el ambiente y la construcción de viviendas en la ciudad de Huamachuco. 2(1), 16-27. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.68>
- Osorio, H. (2022). Concreto a partir de agregado reciclado. 6(1), 1-7. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.0.3127>
- Uriarte, L. y Cieza, E. (2021). Evaluación de concreto elaborado con agregados de canteras de río y de cerro de los Andes del norte de Perú. 4(2), 4-13. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p4>
- De La Cruz, S., Dueñas, L., Mendoza, C. y Garrido, S. (2022). Resistencia a compresión simple del concreto con yeso y residuos de conchas de abanico. 39(1), 1-9. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.1.1>
- Zavaleta, J., Reátegui G., y Duarte M. (2020). Characterization of aggregates of five quarries of the province of Tacna and its optimization for use in construction works. 2(2), 340-356. <https://doi.org/10.47796/ing.v2i2.410>
- Prieto, L., Montaña, A., Parra, A. y Puerto, J. (2019). Evaluación mecánica y ambiental del uso de ceniza volante con activación alcalina como alternativa de reemplazo total del cemento en la elaboración de tabletas prefabricadas. 30(3), 67-82. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300067>
- León, L., Torres L., y Rodríguez, C. (2020). Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón. 14(2), 1-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490005>
- Castillo, G. et al. (2021). Uso de residuos agroindustriales en las propiedades mecánicas del concreto: Una revisión literaria. 5(13), 123-142. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v5i13.86>
- Huaquisto, S., y Belizario G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. 20(2), 225-234. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Badii, M. et al. (2020). Diseños experimentales e investigación científica. 4(2), 283-330. <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-5>

- 
- Oyola, A. (2021). La variable, 14(1), 90-93.
<http://dx.doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
- Arias, J. (2022). Guía para elaborar la operacionalización de variables. 10(28), 42-58.
<https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a02>
- León, M. y Ramírez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. 25(2), 215-240. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>
- Huaquisto, S., y Quenta, D. (2021). Resistencia del concreto con inclusión de ceniza. 1(1), 9-13. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300067>
- Días, M. (2011). Diseños de mezclas para concretos con resistencia a la compresión igual a 210 kg/cm²; empleando el método del A.C.I, y utilizando materiales de Arequipa. 13(1), 53-61. <https://revistas.ucsm.edu.pe/ojs/index.php/veritas/article/view/181>
- 