

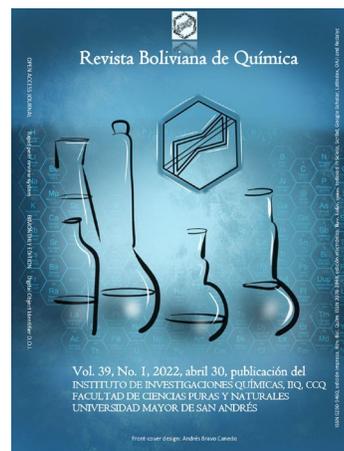


RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO CON YESO Y RESIDUOS DE CONCHAS DE ABANICO

Received 12 23 2021
Accepted 04 10 2022
Published 04 30 2022

Vol. 39, No.1, pp. 1-9, Ene./Abr.2022
Revista Boliviana de Química

39(1), 1-9, Jan./Apr. 2022
Bolivian Journal of Chemistry
DOI: 10.34098/2078-3949.39.1.1



Full original article

Peer-reviewed

Sleyther A. De La Cruz Vega¹, Leo A. La Borda Dueñas Tovar¹, Cristian M. Mendoza Flores², José A. Garrido Oyola³

¹Departamento de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Barranca, +51931279378, +51949509284, Barranca, Perú, sdelacruz@unab.edu.pe

²Departamento Académico de Física, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, +51951602254, Huacho, Perú, cmendozaf@unjfsc.edu.pe

³Departamento de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, +51995318398, Huacho, Perú, jgarrido@unjfsc.edu.pe

Keywords: Concrete, Strength, Fan shell, Residue

Palabras clave: Concreto, Resistencia, Conchas de abanico, Residuos

RESUMEN

Los residuos de conchas de abanico son desechados en rellenos sanitarios sin previo tratamiento, contaminando grandes áreas del desierto costero peruano. Este trabajo busca analizar la resistencia a la compresión simple del concreto elaborado con yeso y residuos de conchas de abanico. El proceso de tratamiento de los residuos se realiza mediante la conversión de carbonato de calcio en óxido de calcio por medio de un proceso de calcinación. Los resultados del análisis térmico diferencial de la presente investigación, demostraron que la temperatura adecuada de calcinación es 890°C. La composición del yeso fue de 64.11 % de calcio y 33.81% azufre. La composición de la concha de abanico calcinada fue de 99.43% de calcio y 0.49 % de estroncio. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión del concreto experimental es 222 kg/cm² frente a la resistencia patrón igual a 228 kg/cm².

ABSTRACT



Fan shell waste is disposed of in landfills without prior treatment, contaminating large areas of the Peruvian coastal desert. This work seeks to analyze the simple compressive strength of concrete made with gypsum and fan shell residues. The waste treatment process is carried out by converting calcium carbonate into calcium oxide through a calcination process. The results of the differential thermal analysis showed that the suitable calcination temperature is 890°C. The composition of the plaster was 64.11% calcium and 33.81% sulfur. The composition of the calcined fan shell was 99.43% calcium and 0.49% strontium. The results showed that the compressive strength of the experimental concrete is 222 kg/cm² compared to the pattern strength equal to 228 kg/cm².

*Correspondent autor: sdelacruz@unab.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El concreto es un material compuesto por una matriz de pasta de cemento hidratado y granos de roca triturada. Dependiendo de la composición y los elementos añadidos para la formulación del concreto, se obtendrán diferentes propiedades y características para dar lugar a diferentes formas, texturas y colores que tendrán una cantidad incalculable de usos en construcción. [11]. Es también importante conocer la composición del concreto ya que ésta es determinante cuando reacciona con el agua permitiendo así una mejor comprensión de las propiedades de dicho material [1]. Las propiedades del concreto en estado fresco son la trabajabilidad, que permite que el cemento adquiera formas muy complejas; la fluidez, que permite su desplazamiento entre el acero; la segregación, que se produce por el exceso de agua y poco agregado fino; la exudación, que es la separación del agua de la mezcla; y la contracción, que es el cambio de volumen y que produce las fisuras. Las propiedades del concreto en estado endurecido son la resistencia que es la capacidad de resistir cargas, y la elasticidad que es la propiedad para deformarse.

La trabajabilidad, fluidez, resistencia y elasticidad son factores importantes a ser tomadas muy en cuenta para lograr la máxima resistencia del concreto. Se debe tener un minucioso cuidado con la exudación y contracción, porque pueden afectar los elementos estructurales en las construcciones y provocar el colapso de la edificación [2].

Hoy en día, existen diferentes tipos de concreto y de materiales en base a cemento. Por ejemplo, un concreto resistente necesita de la buena calidad de su pasta cementosa. Ésta deberá ser elaborada con cementos certificados, agregado grueso (piedra de ½”), agregado fino (arena gruesa), y una óptima cantidad de agua [3]. Por otro lado, el mortero es una mezcla de agregado fino, cemento y agua. Siendo éste el elemento que es más utilizado en la albañilería y su gran aplicación tuvo inicios con los egipcios, quienes lo utilizaron como material aglomerante conjuntamente con la cal y el yeso [4]. El concreto de hormigón se obtiene mezclando los componentes característicos: conglomerante (cemento), agregados (arena y piedra), agua, y de manera opcional, aditivos [8]. En los últimos años, la construcción en el Perú ha aumentado dramáticamente, y por consiguiente, la demanda de concreto [9]. Es así que, muchos países han desarrollado métodos para mejorar sus características, y las investigaciones se orientan al uso de concreto y a la adición de nuevos componentes [12]. Entre los componentes nuevos utilizados se cuentan la ceniza de cascara de arroz, y la arcilla calcinada. Otro material importante es la ceniza de bagazo de caña de azúcar que en la actualidad no tiene utilidad en otros procesos industriales. El residuo de concha de abanico también puede ser utilizado como material de construcción, específicamente, la utilización del residuo de concha de abanico tratado (lavado, secado y triturado) [13]. Algunos estudios muestran que este residuo puede ser empleado como sustituto a ser adicionado en la dosificación del concreto para darle mayor resistencia, durabilidad y trabajabilidad [14].

En la actualidad, el escaso reciclaje de los materiales de desechos genera múltiples problemas ambientales [5]. El incremento de la acuicultura de conchas de abanico en el Perú ha ocasionado que anualmente se acumule cerca de 100 mil toneladas de residuos de dichos moluscos [6]. En el litoral peruano se puede encontrar en la actualidad entre 200 a 300 toneladas de residuos acumulados de conchas de abanico en calidad de desecho, sin aprovechamiento ulterior alguno. El material de las conchas de abanico presenta en su composición química altos contenidos de carbonato de calcio, que al ser calcinados se descompone en óxido de calcio. Éste último es un componente similar al polvo de la piedra caliza que se utiliza en la fabricación del cemento Portland [7], este último también incluye en su composición al silicato tricálcico, silicato bicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico. El cemento Portland se caracteriza por tener resistencia elevada y es el principal material utilizado para la elaboración de concreto de elementos estructurales como vigas, columnas y losas. La gran demanda actual de cemento Portland, está provocando un alto impacto ambiental negativo [10].

Por lo tanto, entre los principales beneficios de utilizar los residuos de conchas de abanico para la fabricación de concreto, no solo se encuentra una solución a la problemática de estos subproductos de desecho [15], sino también la posibilidad de encontrar un material alternativo apto para ser empleado en la elaboración del mismo. Esto, gracias a que el calcio de los caparazones de los moluscos es uno de los principales componentes del cemento. Además, la



utilización de yeso aumenta la resistencia y fraguado del concreto. Por lo expuesto, el objetivo de esta investigación es evaluar el potencial de este material como componente en la producción de concreto y analizar la resistencia a la compresión del concreto elaborado utilizando residuos de conchas de abanico y yeso, coadyuvando además, al cuidado del medio ambiente

EXPERIMENTAL

Muestras analizadas

Las muestras analizadas fueron conchas de abanico provenientes de la Ciudad de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash, Perú. El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico a conveniencia del investigador. Las muestras fueron colectadas en la georreferenciación 9°09'49.4" y S 78°36'06.9"W. Para la colecta se tomaron 25 kilogramos de muestras, los cuales se seleccionaron de acuerdo al tamaño uniforme y fueron lavadas con agua destilada, buscando eliminar todo el material orgánico. Por otro lado, el yeso analizado fue proporcionado por la ferretería el Casquito de la Ciudad de Barranca, departamento de Lima, Perú.

Análisis de la composición química por FRX

Se inició con el pretratamiento del material mediante la trituración y la calcinación de la concha de abanico a una temperatura de 890° C por un periodo de 4 horas utilizando el equipo analizador térmico simultaneo TG_DTA_DSC Cap. Max. 1600 ° C SetSys_ Evolution. Se realizó la molienda utilizando un mortero simple. Se tamizó la muestra a través de la malla N° 200 y se seleccionó 200 g para su evaluación. La muestra de yeso se analizó en estado natural sin modificación alguna.

El análisis de la composición elemental de las muestras de yeso y residuos de conchas de abanico se realizó de manera separada mediante la técnica de Fluorescencia de Rayos X (FRX) SHIMADZU, EDX 800 HS con tubo de rayos X Target de Rh, voltaje de 4 a 50 kV, corriente de tubo de 1 a 1000 mA, detector semiconductor de silicio SDD (no requiere nitrógeno líquido). Se obtuvieron los resultados del yeso y de la concha de abanico calcinada en función de su química elemental y química expresada en óxidos.

Análisis térmico diferencial

La calcinación de la concha de abanico se realizó en un equipo analizador térmico simultaneo TG_DTA_DSC Cap. Max. 1600 ° C SetSys_ Evolution. 45.9 mg de muestra se depositaron en un crisol de arcilla por 4 horas, la tasa de calentamiento fue de 20 °C/min, el rango de trabajo fue de 25 – 900 °C. De este ensayo se obtuvo una curva de pérdida de masa – análisis termogravimétrico y una curva calorimétrica ATD.

Preparación del concreto

Se prepararon 2 dosificaciones de concreto con un diseño de mezcla de 210 kg/cm². La primera dosificación tuvo una composición de 15,96 kg de cemento, 63,78 kg de agregado fino, 52,80 kg de agregado grueso y 17,44 L de agua. Esta muestra se denominó como concreto patrón y sirvió como muestra estándar. La segunda dosificación tuvo una composición de 5 % de concha de abanico calcinada, 5 % de yeso, 14,36 kg de cemento, 63,78 kg de agregado fino, 52,80 kg de agregado grueso y 17,44 L de agua. La preparación siguió la metodología descrita por la ACI (American Concrete Institute). Primero se añadió 3 L de agua a la mezcladora. Después, se agregó la arena y se agregó 3 L de agua adicionales. Se continuó agregando la piedra, 3 L más de agua, y luego el cemento. Finalmente, se culminó con 8,44 L de agua restante. Añadido todo, se mezcló por un periodo de 90 segundos, se retiró la mezcla de concreto de la mezcladora, y se llenaron moldes metálicos con la mezcla. Los moldes metálicos utilizados tuvieron las dimensiones 30 cm de alto x 15 cm de radio con una forma cilíndrica. El procedimiento de colocación en los moldes fue en 3 capas y con un vibrado de 25 golpes cada capa con una varilla metálica. Se dejó endurecer la probeta de concreto por 24 horas y se retiró del molde. Posteriormente, se procedió a saturar las probetas de concreto en agua. Se dejó las probetas saturadas por 28 días. La probeta se retiró del agua 1 hora antes del ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

Caracterización del concreto

Se realizaron los análisis mostrados en la tabla 1, siguiendo la metodología ASTM (American Society for Testing and Materials) para análisis de materiales.



Tabla 1. Ensayos realizados para los agregados. Muestras analizadas: AF: Agregado Fino, AG: Agregado grueso

Material	Ensayos realizados	Método utilizado	Observaciones, muestra utilizada
Agregado fino y agregado grueso en estado natural	Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D422	AF: 981,88 g AG: 5210 g
	Porcentaje de humedad	ASTM D2216	AF: 1000 g AG: 2256 g
	Porcentaje de absorción	ASTM C 127	AF: 500 g AG: 2256 g
	Peso unitario suelto	ASTM C 29	AF: 4150 g AG: 14000 g
	Peso unitario varillado	ASTM C 29	AF: 4800 g AG: 15000 g
	Módulo de finura	ASTM C 125	AF: 981,88 g AG: 5210 g
	Peso específico	ASTM C 128	AF: 500 g AG: 2256 g

Análisis de resistencia del concreto

Para el análisis de resistencia de concreto se colocó la muestra debajo de una prensa hidráulica digital para compresión de testigos de concreto con Bomba Manual Cap. 120 TN-PALIO. La metodología aplicada se realizó acorde al método estándar ASTM C 39 (Ver fig. 1). Para el ensayo se retiró la probeta del agua, y se retiró la humedad superficial con una franela. Luego, se tomaron las dimensiones de las probetas (perímetro y alto). Después, se colocó la probeta en la prensa hidráulica, y se utilizó una tasa de aplicación de carga de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. El ensayo hasta obtener la ruptura duró 60 segundos. Se analizaron 3 probetas del concreto patrón a los 7 días, 3 probetas patrón a los 14 días, y 3 probetas patrón a los 28 días. Asimismo, para el concreto experimental se analizaron 3 muestras a los 7 días, 3 a los 14 días, y 3 a los 28 días.

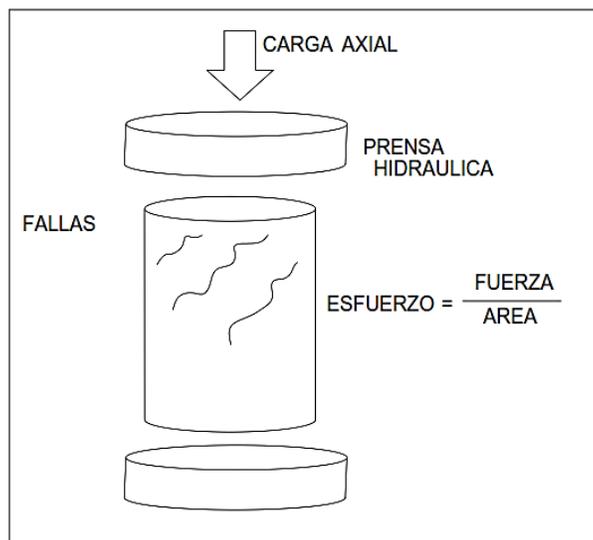


Figura 1. Representación del ensayo de resistencia a la compresión del concreto

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición Química por FRX



La composición química por FRX del yeso observada en la tabla N° 2, muestra que este material contiene valores máximos de 99,43 % de Calcio en composición elemental. La tabla N° 3 muestra la composición química del yeso expresada en óxidos, reflejando 99,56 % de Óxido de calcio.

Tabla 2. Composición química elemental del yeso

Composición química	Resultados %	Método utilizado
Calcio (Ca)	99,43	Espectrometría FRX
Estroncio (Sr)	0,49	
Azufre (S)	0,09	

Tabla 3. Composición química expresada en óxidos del yeso

Composición química	Resultados %	Método utilizado
Óxido de calcio (CaO)	99,56	Espectrometría FRX
Óxido de estroncio (SrO)	0,42	
Óxido de azufre (SO ₃)	0,02	

La tabla N° 4 muestra los resultados de la composición de los residuos de concha de abanico obtenidos mediante fluorescencia de rayos X. La composición química elemental de la concha de abanico presenta 64,11 % de Calcio, 33,81 % de Azufre, 0,81 % de Fosforo, 0,56% de Silicio, 0,51 % de Estroncio y 0,14% de Hierro. La composición química en óxidos presentada en la tabla N° 5 muestra que contiene óxido de calcio en 80,76 %, Óxido de Azufre en 12,04%, Óxido de fosforo en 4,41 %, Óxido de silicio en 1,58%, Óxido de estroncio en 0,77 % y Óxido de hierro en 0,44%. El resultado obtenido de óxido de calcio tiene un valor comparable al reportado en otra investigación, donde se obtuvo un valor de 73,01% de Óxido de calcio en las conchas de abanico [16].

Tabla 4. Composición Química Elemental de la concha de abanico calcinada

Composición química	Resultados %	Método utilizado
Calcio (Ca)	64,11	Espectrometría FRX
Azufre (S)	33,81	
Fosforo (P)	0,81	
Silicio (Si)	0,56	
Estroncio (Sr)	0,51	
Hierro (Fe)	0,14	

Análisis térmico diferencial

Se analizó una muestra de 45,9 gr de concha de abanico. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700 °C. Esta temperatura marca el inicio de la descomposición acelerada del carbonato de calcio presente en las conchas de abanico y su conversión en óxido de calcio. Esta descomposición tendrá la consecuente pérdida de material por la eliminación de dióxido de carbono. Esta pérdida de masa se producirá hasta la temperatura de ensayo máxima alrededor de los 900 °C. Se evidencia una pérdida total de aproximadamente el 35% de su masa inicial. Es importante conocer la temperatura de descomposición para poder determinar el inicio de la conversión de carbonato de calcio en óxido de calcio que es el principal componente del cemento (Ver fig. 2)



Tabla 5. Composición Química expresada en óxidos de la concha de abanico calcinada.

Composición química	Resultados %	Método utilizado
Oxido de calcio (CaO)	80,76	Espectrometría FRX
Óxido de azufre (SO ₃)	12,04	
Oxido de fosforo (P ₂ O ₅)	4,41	
Oxido de silicio (SiO ₂)	1,58	
Oxido de estroncio (SrO)	0,77	
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	0,44	

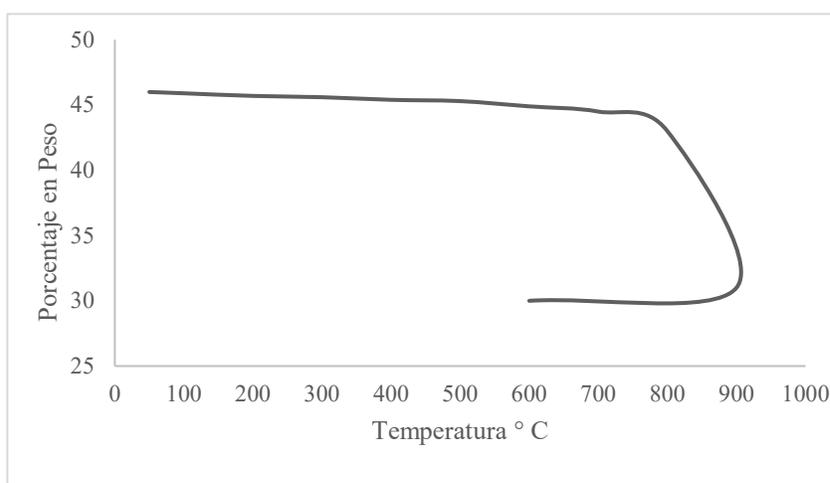


Figura 2. Curva de pérdida de masa – análisis termogravimétrico

De acuerdo al análisis calorimétrico mostrado en la Figura 3 se puede observar una ligera banda endotérmica a 60 °C, y un intenso pico de absorción térmica a 890 °C. Este último, representa una temperatura de cambio estructural y de las características en el material, según Matienzo J.G. [16]. De acuerdo a este autor, la concha de abanico se debe calcinar a 890°C por 4 horas (Ver fig. 3).

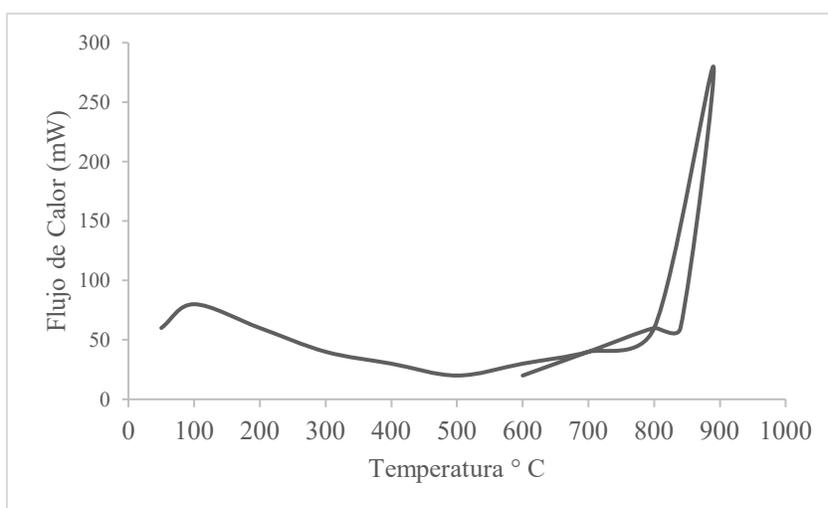


Figura 3. Curva calorimétrica ATD

Caracterización del concreto



La caracterización del concreto se realizó según las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), siendo estos datos necesarios para el diseño de mezcla del concreto. (Ver tabla 6)

Tabla 6. Resultados de los ensayos realizados para los agregados

Material	Ensayos realizados	Resultados para Agregado Fino	Resultados para agregado grueso
Agregado fino y agregado grueso en estado natural	Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)	N° 4: 21,00 g., N° 8: 126,00 g., N° 16: 244,88 g., N° 30: 234,00 g., N° 50: 169,00 g., N° 100: 92,00 g., N° 200 57,00 g. y fondo: 38,00 g.	3/4" : 1078,00 g., 1/2" : 2500,00 g., 3/8 " : 1019,00 g., N° 4 : 603,00 g. y fondo 10,00 g
	Porcentaje de humedad (ASTM D2216)	1,35%	0,21%
	Porcentaje de absorción (ASTM C 127)	0,59%	0,57 %
	Peso unitario suelto (ASTM C 29)	1446,96 kg/m ³	1489,69 kg/m ³
	Peso unitario varillado (ASTM C 29)	1667,76 kg/m ³	1611,05 kg/m ³
	Módulo de finura (ASTM C 125)	2,92	7,77
	Peso específico (ASTM C 128)	2,66 g/cm ³	2,36 g/cm ³

Los resultados de los ensayos realizados a los agregados finos y grueso fueron los adecuados para realizar el diseño de mezcla para un concreto con una resistencia de 210 kg/cm². El diseño de mezcla utilizado fue en base al método ACI (American Concrete Institute), el cual modifica la cantidad de cemento según las características de los agregados. El contenido de agua medido se utiliza para corregir la cantidad de agua final que tendrá la mezcla. Los resultados de los parámetros medidos para los materiales utilizados fueron los óptimos para elaborar un concreto estructural. Esto concuerda con Matienzo J.G. [16] quien indica que realizó el diseño de mezcla para un concreto de 210 kg/cm² a los 28 días con parámetros similares en los agregados a los reportados en el presente estudio.

Análisis de resistencia al concreto

La figura 4 muestra la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de las probetas patrón y de las probetas experimentales con la adición de las conchas de abanico.

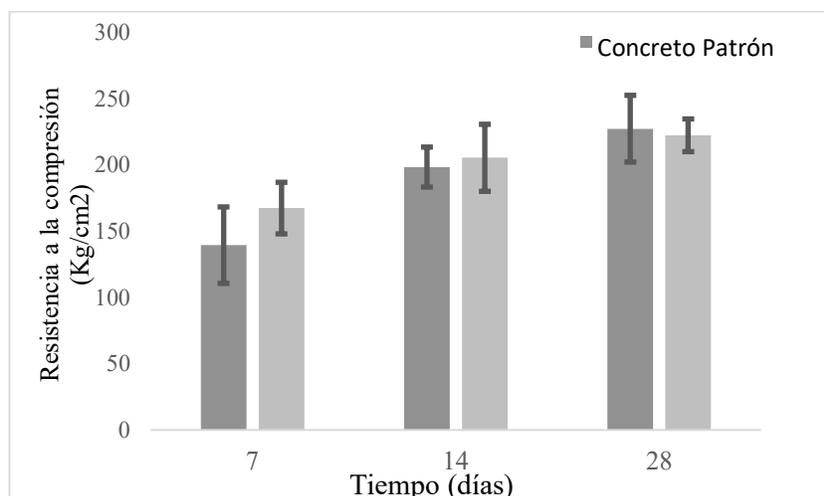


Figura 4. Comparación entre la resistencia de las muestras del concreto patrón y las muestras del concreto experimental.



10. Pastrana-Ayala, J., Silva-Urrego, Y., Adrada-Molano, J., Delvasto-Arjona, S. **2019**, Propiedades físico-mecánicas de concretos autocompactantes producidos con polvo de residuo de concreto, *Informador Técnico*, 83(2), 174-190, DOI: <https://doi.org/10.23850/22565035.2170>
11. Matthey, P.E., Robayo, R.A., Díaz, J.E., Delvasto, S., Monzó, J. **2015**, Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales, *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2), 285-294.
12. Farfán, M., Pinedo, D., Araujo, J., Orbegoso, J. **2019**, Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, *Revista Gaceta Técnica*, 20(2), 4-13, DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19787.95523>
13. Carrillo, J., Alcocer, S.M., Aperador, W. **2013**, Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo, *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 14(2), 285-298. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72243-1](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72243-1)
14. Huasquisto, S., Belizario, G. **2018**, Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 225-234, DOI: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>
15. Vidaud, I., Frómata, Z., Vidaud, E. **2015**, Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte II). Construcción y tecnología en concreto, México, 34-35. [tecnologia.pdf\(revistacyt.com.mx\)](tecnologia.pdf(revistacyt.com.mx))
16. Matienzo, J.G. **2018**, Resistencia a la compresión de un concreto $f_c = 210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por la combinación de un 8% por el polvo de la concha de abanico y 12% por las cenizas de la cascara de arroz, (BSc tesis), Universidad San Pedro, Chimbote, Perú, recuperado de, <https://hdl.handle.net/11537/9982>
17. Flores, L., Mazza, J. **2014**, Utilización de residuos de conchas de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto, (BSc tesis), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Perú, recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1912>
18. Julián Benites, C., Segura Terrones, L., Jara Fumachi, W. **2015**, Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto, *Conocimiento para el desarrollo*, 6(2), 1-8.