

Axial compressive strength of concrete $f'_c=210$ and 280 kg/cm^2 , when replacing aggregate with volcanic rock origin

Goicochea Espinoza Sherlyn, Ing.¹ ; Infante Valdivia Heyder Samuel, Ing.² ; and Carranza Liza Mario Rene, Ing.³ 

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú, N00023783@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú, N00025492@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú, mario.carranza@upn.edu.pe

Abstract– In the province of San Pablo, due to population growth, there has been an increase in the construction of buildings using concrete; however, these buildings are affected by the scarce availability of aggregates, so they resort to neighboring areas. There is also the El Balcón quarry near the city, from which only large stone is extracted for foundations and there are still no studies to use its aggregate in concrete. It was confirmed that the extracted material is of volcanic origin through a petrographic study; thus, the present research aims to determine the axial compressive strength of concrete, replacing aggregate from hills with volcanic rock origin, for a design $f'_c=210$ and 280 kg/cm^2 . For this purpose, physical-mechanical tests were carried out on the aggregates (river and volcanic rock), mix designs, concrete specimens and axial compressive strength tests. The concrete with volcanic rock, for a design $f'_c=210$ kg/cm^2 , reached 331.22 kg/cm^2 (28 days); for a design $f'_c=280$ kg/cm^2 it obtained 384.57 kg/cm^2 (28 days). Its resistance increased by 50.95% and 33.23% in relation to the standard sample, for a design of 210 and 280 kg/cm^2 respectively; being an aggregate suitable for use in concrete.

Keywords– Compressive strength, concrete, volcanic rock.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210$ y 280 kg/cm^2 , al reemplazar agregado con origen de roca volcánica

Goicochea Espinoza Sherlyn, Ing.¹; Infante Valdivia Heyder Samuel, Ing.²; and Carranza Liza Mario Rene, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú, N00023783@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú, N00025492@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca- Perú, mario.carranza@upn.edu.pe

Resumen– En la provincia de San Pablo, a partir del crecimiento demográfico, se evidencia un incremento de la construcción de edificaciones usando concreto; sin embargo, dichas edificaciones se ven afectadas por la escasa disponibilidad de agregados, por lo que recurren a zonas aledañas. Por otro lado, cerca de la ciudad existe la cantera El Balcón, del cual solo se extrae piedra grande para cimientos y aún no cuenta con estudios para usar su agregado en concreto. Se confirmó que el material extraído es de origen volcánico mediante un estudio petrográfico; es así que, la presente investigación tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión axial del concreto, reemplazando agregado de cerro con origen de roca volcánica, para un diseño $f'c=210$ y 280 kg/cm^2 . Para ello, se realizaron ensayos físico-mecánicos a los agregados (de río y roca volcánica), diseños de mezcla, especímenes de concreto y ensayos de resistencia a la compresión axial. El concreto con roca volcánica, para un diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, alcanzó 331.22 kg/cm^2 (28 días); para un diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ obtuvo 384.57 kg/cm^2 (28 días). Su resistencia aumenta un 50.95% y 33.23% en relación con la muestra patrón, para un diseño 210 y 280 kg/cm^2 respectivamente; siendo un agregado apto para su uso en concreto.

Palabras Clave – Resistencia a la compresión, concreto, roca volcánica.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del concreto en los proyectos de infraestructura radica en su versatilidad, desarrollo de tecnologías que lo han llevado a límites insospechados en su desempeño, usos y aplicaciones. Actualmente, es el material de construcción más ampliamente utilizado en el mundo con una producción mundial cercana a los 13,000 millones de m^3 por año. [1]

A nivel Nacional las edificaciones fabricadas con material de albañilería (concreto) representan el 51.7 % del total de viviendas particulares construidas [2], por ello el consumo de los materiales que lo componen ha aumentado exponencialmente; llámese concreto (agregados), ladrillo, acero.

En la provincia de San Pablo, con 21102 habitantes y 32 hab/km^2 [3], debido al crecimiento demográfico de los últimos años, se ha observado una expansión territorial en el sector urbano y en consecuencia, el evidente incremento de la construcción de edificaciones usando el concreto, observándose edificaciones de albañilería en su mayoría. Sin embargo, la construcción de dichas edificaciones se ven afectadas por la

escasa disponibilidad de agregados; por lo cual, los propietarios recurren a zonas aledañas, las cuales se encuentran a 24 km de distancia, generando un costo adicional por concepto de flete.

Sin embargo, cerca de la ciudad (a 1.5 Km) se encuentra la cantera El Balcón (Fig. 1), del cual solo se extrae piedra para cimentación y posee un material pétreo no habitual en el agregado de cerro con posibles orígenes volcánicos tomando en cuenta el “Estudio Geológico” del departamento de Cajamarca [4], menciona sobre el Volcánico San Pablo el cual consiste en gruesos estratos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados. Esto nos lleva a direccionar la clasificación del agregado de la cantera el Balcón hacia un origen de Roca Volcánica.



Fig. 1 Ubicación de cantera El Balcón. UTM: Este 741360.31 m, Norte 9212378.45 m, Cota 2456 m (Z-17S D: WGS84).

Con el objetivo de ratificar el origen volcánico del agregado, se realizó un “Estudio Macroscópico de muestras en mano”, se analizaron 24 muestras extraídas manualmente de la cantera, hallando en el proceso que en su mayoría son rocas de tipo riolitas, dacitas y traquitas (rocas de origen volcánico); confirmando el origen especial del agregado en estudio.

Además, “...el índice de desgaste de LA en los basaltos oscila entre 19 y 37. Las traquitas y fonolitas presentan valores entre 20 y 35” [5]. También mencionan “...son buenas para la fabricación de hormigones y asfaltos las traquitas, fonolitas y algunos tipos de basaltos...” [5]. “Las rocas riolíticas con

pastas totalmente recristalizadas y de grano grueso son aptas para ser utilizadas como agregado para concreto”. [6]

Por otro lado, “La calidad del agregado es de suma importancia, ya que le corresponden aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto. El agregado no solo puede limitar la resistencia del concreto, sino que sus propiedades pueden afectar enormemente su durabilidad y desempeño”. [7]

Es muy importante el análisis de los agregados ya que gracias a estas propiedades podremos formar un concreto de características relacionadas con las mencionadas, si el análisis de estas es fallido el concreto que formaremos no tendrá los requerimientos para el cual fue fabricado. [8]

Lo importante en la granulometría de un agregado es que ha de tener las mezclas de las diferentes fracciones de agregado grueso y arena (agregados totales), en cuanto a la del hormigón consiste en la distribución del tamaño de sus partículas y esta se determina haciendo pasar una muestra representativa de hormigón por una serie de tamices ordenados, de mayor a menor. Cada uno de estos pesos retenidos se expresa como porcentaje (retenido) del peso total de la muestra y se dice que los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. [9]

En tal sentido, nos hacemos la siguiente pregunta, ¿cómo varía la resistencia a la compresión axial del concreto, al reemplazar agregado de río por agregado de roca volcánica de la cantera El Balcón, para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$?

Para resolver la pregunta anterior nos planteamos como objetivo general: determinar la resistencia a la compresión axial del concreto, al reemplazar agregado de río por agregado de roca volcánica, para un diseño de concreto $f'c=210$ y 280 kg/cm^2 . Como objetivos específicos: realizar ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas del agregado de roca volcánica, elaborar el diseño de mezcla para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregado con origen de roca volcánica, y por último elaborar el diseño de mezcla para un concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ usando agregado con origen de roca volcánica.

Siendo nuestra hipótesis la siguiente: Para un diseño de concreto $f'c = 210$ y 280 kg/cm^2 ; la resistencia a la compresión axial del concreto, al reemplazar agregado de río por agregado de roca volcánica de la cantera El Balcón, aumenta en un 15%, respectivamente.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Referente al diseño de esta investigación, presenta un enfoque cuantitativo, ya que analizaremos las propiedades de compresión axial del concreto ($f'c$) para dar resultados con un valor numérico. Además, posee un diseño experimental de tipo cuasi-experimental y un carácter de tipo aplicativo.

Tomando en cuenta la Norma Peruana “E.060 - Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones (Sección 5.3.1.1.c) [10], la población y muestras tienen el valor de 96 probetas de concreto distribuidos de acuerdo a la Tabla 1.

TABLA 1
Distribución de probetas para ensayo de compresión a 7, 14, 21 y 28 días de curado.

Tipo de material	$f'c$ (kg/cm ²)	N° de probetas por edad (días)				Parcial	Dosificación
		7	14	21	28		
Agregado de Roca Volcánica	210	6	6	6	6	24	1 : 2.14 : 3.06 : 26.94 l/bls
	280	6	6	6	6	24	1 : 1.60 : 2.60 : 22.42 l/bls
Agregado de Río (muestra patrón)	210	6	6	6	6	24	1 : 2.46 : 3.20 : 26.30 l/bls
	280	6	6	6	6	24	1 : 1.85 : 2.70 : 22.00 l/bls
Total						96	

Tipo de muestreo: No probabilístico por conveniencia. Al no tener una normativa establecida para el número de especímenes cilíndricos hechas en laboratorio (habiendo sólo para muestras en campo), se eligió la muestra tomando en cuenta la experiencia profesional e investigaciones anteriores.

Para desarrollar la metodología se tomó en cuenta la siguiente normatividad vigente: en primer lugar tenemos las Normas Técnicas Peruanas referentes a la extracción, tratamiento, análisis de las propiedades físico-mecánicas de los agregados (NTP 400.010, NTP 400.011, NTP 400.037, NTP 400.012, NTP 339.127, NTP 400.017, NTP 400.018, NTP 400.020, NTP 400.021, NTP 400.022), además de normas para el uso del concreto (NTP 339.33, NTP 339.35, NTP 339.37); todas basadas en Normas Técnicas de Asociación como la ASTM.

Respecto a los Materiales utilizados:

(a) El agregado de origen de roca volcánica. - Obtenido de la Cantera “El Balcón” de la provincia de San Pablo (Fig. 2), extraída, transportada y procesada hasta obtener material en 2 tipos; arena gruesa y la piedra chancada (3/4” y 1/2”).

(b) Agregado de río. - El agregado común de río fue obtenido de la misma planta chancadora “F&C Nikolls SRL” (Fig. 3).

(c) Cemento. - El cemento fue elegido por su uso general, en este caso es el Cemento Portland Tipo I de Pacasmayo, la marca se eligió por su basta trayectoria y fiabilidad; obteniéndose en sacos de 42.5 kg a través de una distribuidora autorizada.



Fig. 2 Obtención de agregado de roca volcánica. (1) Extracción manual, (2) voladura controlada, (3) transporte de material, (4) y (5) proceso de chancado y (6) almacenaje de agregado.



Fig. 3 Agregado de río – Planta chancadora F&C Nikolls.

Como Técnica de Recolección de datos: La observación, esta técnica consiste en acumular información sobre la situación que el investigador ha observado; además, permite que se puedan interpretar comportamientos, hechos, objetos, entre otros.

Los Instrumentos de recolección de datos son: Los Protocolos UPN. - Contenido de Humedad, análisis granulométrico de agregados, abrasión “Los Ángeles” al desgaste de los agregados, cantidad de material fino que pasa por el Tamiz N° 200, peso unitario de los agregados, peso específico y absorción del agregado grueso, gravedad específica y absorción del agregado fino, asentamiento del concreto – SLUMP; por último, la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos. Como Instrumento de análisis de datos principal se usó la hoja de cálculo de Excel.

El Procedimientos de recolección de datos lo observamos en la Fig. 4; además, el procedimiento de tratamiento y análisis de datos lo plasmamos en la Fig. 5.

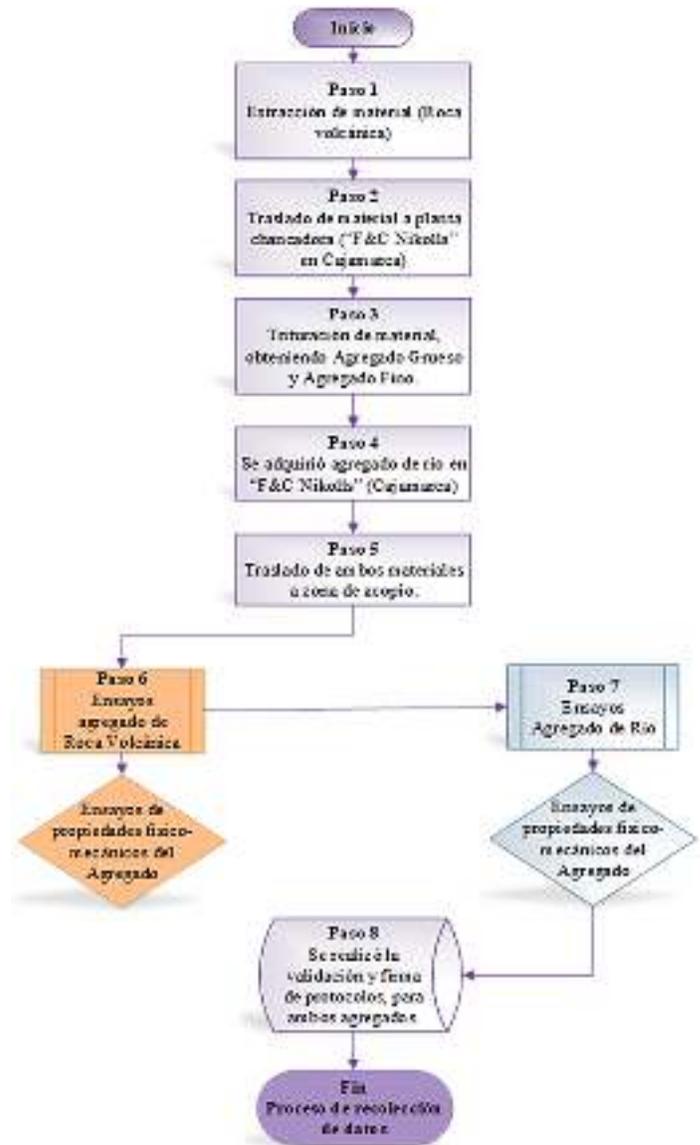


Fig. 4 Flujo de procedimiento de recolección de datos.

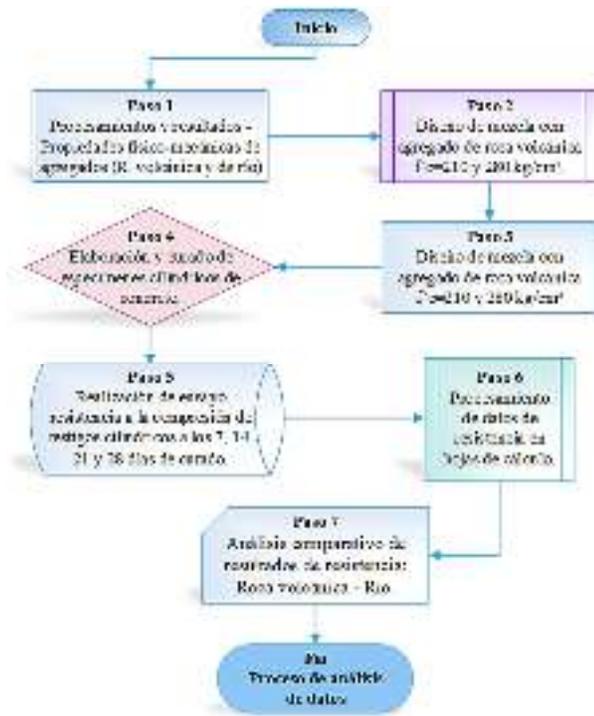


Fig. 5 Flujoograma del procedimiento de análisis de datos.

III. RESULTADOS

Habiéndose realizado los ensayos en laboratorio de concreto de UPN, tanto para agregado de roca volcánica y agregado de río, se obtuvieron los resultados que se muestran en las siguientes tablas, comenzando con los resultados de las propiedades físico-mecánicas de ambos agregados Tabla 2.

TABLA 2
Resultados de ensayos realizados al agregado de roca volcánica y agregado de río.

Ensayo	Descripción	Agregado de Roca Volcánica		Agregado de Río	
		A. Fino	A. Grueso	A. Fino	A. Grueso
Cont. humedad	%	0.41	0.45	11.83	1.22
Granulometría	MF	2.92	7.17	2.51	7.31
	TMN (in)	4	1	4	1
M. pasa tamiz # 200	%	6.44	-	12.45	-
Gravedad esp. del agregado	Pe. Esp. Nominal (g/cm ³)	2.63	2.63	2.84	2.65
	Absorción (%)	1.61	2.09	11.47	3.38
Peso unitario	Suelto (kg/m ³)	1308.00	1290.00	1344.00	1210.00
	Comp. (kg/m ³)	1475.33	1140.67	1446.00	1333.33
Desgaste LA	%	-	25.33	-	-

El diseño de mezcla elegido para la elaboración de especímenes de concreto fue el Método de Módulo de Fineza, evidenciándose el incremento de resistencia en la Tabla 3.

TABLA 3
Resistencia a compresión $f'c=210$ y $f'c=280$ kg/cm² a los 7, 14, 21 y 28 días.

		Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
Edad	Codificación	Concreto Patrón $f'c=210$	Concreto - Agregado de Roca Volcánica $f'c=210$	Concreto Patrón $f'c=280$	Concreto - Agregado de Roca Volcánica $f'c=280$
7 días	M1	141.29	241.93	164.41	330.77
	M2	135.15	241.47	170.06	288.13
	M3	127.42	242.19	194.72	286.47
	M4	130.39	229.75	176.82	314.14
	M5	126.8	227.03	179.76	290.48
	M6	146.02	233.42	183.1	276.28
	Prom. (kg/cm ²)	134.51	236.18	178.15	291.10
Desv. Est.	7.82	7.00	10.56	20.46	
% Incr.			75.59%		63.40%
14 días	M7	180.06	256.96	243.38	336.01
	M8	168.61	255.17	219.35	334.70
	M9	187.34	262.96	214.33	340.95
	M10	166.75	257.46	228.54	343.15
	M11	176.94	275.39	229.58	332.27
	M12	190.52	243.87	223.56	348.99
	Prom. (kg/cm ²)	178.37	258.93	226.46	339.27
Desv. Est.	9.63	10.24	10.06	6.19	
% Incr.			45.16%		49.81%
21 días	M13	203.59	275.48	252.4	361.23
	M14	199.44	278.13	265.28	362.77
	M15	211.79	289.2	273.13	356.15
	M16	195.39	280.92	258.83	353.28
	M17	216.54	297.39	248.08	365.97
	M18	189.36	301.29	262.45	356.92
	Prom. (kg/cm ²)	202.41	287.07	260.03	359.39
Desv. Est.	10.42	10.63	9.03	4.73	
% Incr.			41.83%		38.21%
28 días	M19	230.51	350.74	277.9	372.12
	M20	217.96	337.88	291.48	386.45
	M21	212.21	329.89	284.18	411.03
	M22	210	313.56	293.31	382.4
	M23	230.63	338.42	283.87	390.93
	M24	215.18	316.81	301.24	382.4
	Prom. (kg/cm ²)	219.42	331.22	288.66	384.57
Desv. Est.	9.05	14.13	8.33	13.42	
% Incr.			50.95%		33.23%

La variación de las resistencias de los especímenes de concreto elaborados a partir de ambos agregados (roca volcánica y de río), se representan gráficamente en las Fig. 6 y 7.



Fig. 6 Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión obtenida a los 7, 14, 21 y 28 días para un diseño de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

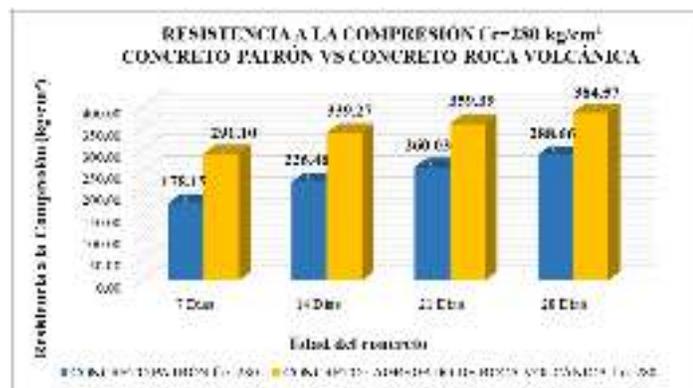


Fig. 7 Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión obtenida a los 7, 14, 21 y 28 días para un diseño de $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Al observar el porcentaje de incremento de la resistencia respecto a la muestra patrón (Fig. 8), vemos que los valores van en descenso y se estabilizan a los 28 días llegando a un 50.95 y 33.23%, para los diseños 210 y 280 kg/cm^2 , respectivamente.

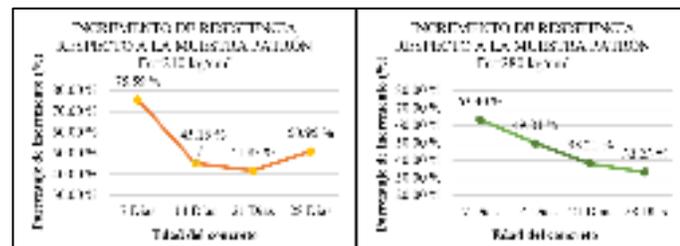


Fig. 8 Porcentaje de incremento de la resistencia respecto a la muestra patrón.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Tomando en cuenta la revisión bibliográfica y habiendo desarrollado la parte práctica de la presente investigación, Hernández Gutiérrez, Rodríguez Losada, & Hernández Fernández [5] estaban en lo correcto cuando mencionaron que "...el índice de desgaste de LA en los basaltos oscila entre 19 y 37. Las traquitas y fonolitas presentan valores entre 20 y 35. Las ignimbritas no soldadas presentan valores altos en torno a 55 y superiores. Las ignimbritas soldadas presentan valores alrededor de 30 y 40..."; puesto que, las pruebas de abrasión Los Ángeles del agregado de origen de roca volcánica nos arrojaron resultados con un índice de desgaste del 23.33 % en promedio, dicho valor está entre el 20 y 35 % mencionado por los autores, correspondiente a rocas de tipo traquitas y fonolitas.

Luego de realizado el "Estudio Macroscópico de muestras en mano" (Estudio petrográfico), analizado 24 muestras extraídas manualmente de la cantera y hallado que en su mayoría son rocas de tipo riolitas, dacitas y traquitas (rocas de origen volcánico), podemos contrastar con lo mencionado por Hernández Gutiérrez, Rodríguez Losada, & Hernández Fernández [5] al mencionar que "...son buenas para la fabricación de hormigones y asfaltos las traquitas, fonolitas y algunos tipos de basaltos..."; recordando que con el término "hormigón" se refiere a concreto en el Perú; es así que el agregado de la Cantera el Balcón es buena para su uso en concreto y asfalto. De la misma forma, Maiza & Marfil [3] están en lo correcto cuando mencionaron que "Las rocas riolíticas con pastas totalmente recristalizadas y de grano grueso son aptas para ser utilizadas como agregado para concreto", ya que tenemos presencia de rocas de tipo riolita en el agregado de la cantera El Balcón.

En cuanto a las limitaciones de esta investigación, la primera tiene que ver con la escasa información bibliográfica respecto al uso de la roca volcánica como agregado para el concreto puesto que es un tema reciente; es así que, este trabajo servirá para futuras investigaciones. Respecto a la parte experimental, la limitación fue que el material aún no se puede extraer de forma masiva; al no contar con maquinaria pesada se tuvo que extraer de forma manual (perforación, voladura, herramientas básicas, etc). Por otra parte, no se cuenta con máquinas de trituración; de tal forma que, para obtener agregado fino y grueso, fue necesario trasladar el material hasta la planta chancadora F&C Nikolls (provincia de Cajamarca), recorriendo un aproximado de 70 km.

En cuanto a las implicancias y de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de nuestra investigación, al usar agregado de origen volcánico se obtuvo un concreto con una resistencia a la compresión axial de 331.22 kg/cm^2 , tan solo con un diseño de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, ello implica que es posible hacer un diseño de mezcla reduciendo el factor de seguridad de la resistencia a la compresión promedio usada para el cálculo, reduciendo así la proporción de cemento y por ende los costos.

Cabe mencionar que, al realizar el diseño de mezcla para un concreto $f'_c=210$ y 280 kg/cm^2 y comparar las proporciones de agregados entre roca volcánica y río hemos observado que

el primero es usado en menor proporción; es decir que se optimiza el uso de agregado.

La presente investigación puede ser una alternativa para el uso en concreto de alta resistencia en obras de gran envergadura tales como puentes, túneles, presas, aeropuertos, hospitales entre otros, al superar la resistencia para la cual fue diseñada a los 7 días; llegando a los 236.18 y 291.10 kg/cm², para los diseños 210 y 280 kg/cm², respectivamente.

Se concluye que las resistencias a compresión axial del concreto para un diseño $f'c=210$ kg/cm², reemplazando agregado de río por agregado de roca volcánica (realizada a 4 edades), fueron las siguientes: 236.18, 258.93, 287.07 y 331.22 kg/cm² a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente. Además, para un diseño $f'c=280$ kg/cm² se obtuvo: 291.10, 339.27, 359.39 y 384.57 kg/cm² a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente. En tal sentido, la hipótesis planteada es correcta, puesto que la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210$ kg/cm² y 280 kg/cm² a los 28 días aumenta en un 50.95% y 33.23% en el orden antes mencionado, respecto de la alcanzada por la muestra patrón.

Respecto a los ensayos realizados al agregado de roca volcánica, estos se hicieron tanto para agregado fino (A.F) y agregado grueso (A.G), los valores obtenidos fueron los siguientes: contenido de humedad A. F= 0.41% y A.G= 0.45%, módulo de fineza A.F= 2.92 y A.G= 7.17, cantidad de material fino que pasa el tamiz # 200 A.F= 6.44%, peso específico nominal A.F y A.G= 2.63 g/cm³, absorción A.F= 1.61% y A.G= 2.09%, peso unitario suelto A.F= 1308.00 kg/m³ y A.G= 1290.00 kg/m³, peso unitario compactado A.F= 1475.33 kg/m³ y A.G= 1140.67 kg/m³, abrasión Los Ángeles = 25.33%.

El diseño de mezcla para un concreto $f'c= 210$ kg/cm² usando agregado de origen de roca volcánica por el método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados, tuvo como resultado: Cem. 345.63 kg/m³, Agua 219.09 L/m³, A. F. 740.30 kg/m³ y A. G. 1056.24 kg/m³; obteniendo también una proporción en peso de 1 : 2.14 : 3.06 : 26.94 L/bls. El diseño de mezcla para un concreto $f'c= 280$ kg/cm² usando agregado de origen de roca volcánica (método del Módulo de Finura): Cem. 414.16 kg/m³, Agua 218.47 L/m³, A. F. 663.22 kg/m³ y A. G. 1074.76 kg/m³; obteniendo también una proporción en peso de 1 : 1.60 : 2.60 : 22.42 L/bls.

Finalmente, las altas resistencias obtenidas, favorecen a la optimización de un diseño de mezcla, reduciendo el factor de seguridad de la resistencia a la compresión promedio usada para el cálculo y por ende reduciendo la proporción de cemento y el costo de elaboración.

REFERENCIAS

[1] Ceballos Arana, M. A. (2016). Ing. Civil MBA, Centro de innovación tecnológica para la construcción (CiTec). Construcción y Tecnología, 24.
 [2] Instituto Nacional De Estadísticas E Informática (2015).
 [3] Instituto Nacional De Estadísticas E Informática (2018).
 [4] Gobierno Regional de Cajamarca. (2011). Estudio Geológico. Cajamarca. Obtenido de <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf>

[5] Hernández Gutiérrez, L., Rodríguez Losada, J., & Hernández Fernández, S. (2008). Resistencia a la fragmentación de rocas volcánicas como áridos para hormigones y asfaltos. ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/272816548_Resistencia_a_la_fragmentacion_de_rocas_volcanicas_como_aridos_para_hormigones_y_asfaltos
 [6] Maiza, P. J., & Marfil, S. A. (2003). Rocas riolíticas en agregados para concreto. su factibilidad de uso basada en la petrografía. X Congreso Geológico Chileno. Obtenido de <https://host170.sedici.unlp.edu.ar/server/api/core/bitstreams/731b559b-b8b2-431c-9655-d68ffeb31918/content>
 [7] Soto, C. A. (2010). concreto (hormigón) con Cemento Sol Tipo – I de resistencias tempranas con la tecnología “Sika Viscocrete 20HE”. Tesis, Ricardo Palma, Lima, Lima. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/337285383.pdf>
 [8] Campos Cisneros, Ronald. (2013) Estudio Tecnológico De Los Agregados.
 [9] Huamán Osorio, C. A. (2010). Estudio de la calidad del agregado para su uso en la producción de concreto. Tesis, UNHEVAL, Huánuco.
 [10] Norma Peruana “E.060 - Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones
 [11] Arias Gonzales, J. L. (2020). Métodos de Investigación Online. Herramientas Digitales Para Recolectar Datos. Arequipa, Perú. Obtenido de https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2237/1/AriasGonzales_MetodosDeInvestigacionOnline_libro.pdf
 [12] Cárdenas, G. Á. (2015). Los Agregados. Universidad Alas Peruanas, Lima, Perú. Obtenido de <http://teconcreto123.blogspot.com/>
 [13] Cárdenas, G. Á. (2015). Tecnología del Concreto. Universidad Alas Peruanas, Lima. Obtenido de <http://teconcreto123.blogspot.com/p/portada.html>
 [14] Chan Yam, J. L., Solís Carcaño, R., & Iván Moreno, E. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Ingeniería, VII(2), 39-46. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770203>
 [15] Cooperativo. (s.f.). Agregado Para La Elaboración De Concreto.
 [16] Culma Piraban, A. C., & Rojas Farfán, F. J. (2018). Caracterización Mineralógica y física de los agregados de la cantera Rodeb y acopios, aplicada a concretos y filtros. ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/327033164_Caracterizacion_mineralologica_y_fisica_de_los_agregados_de_la_cantera_Rodeb_y_Acopios_aplicada_a_concretos_y_filtros?enrichId=rgreq-fec3bf54d6897e32d7a1fc248faf5674-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNzAzMzE
 [17] Duque Escobar, G. (2017). Manual de geología para ingenieros. (U. N. Colombia, Ed.) Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3145/rocasigneas.pdf?sequence=20&isAllowed=y>
 [18] Fernández García, P., Vallejo Seco, G., Livacic Rojas, P. E., & Tuero Herrero, E. (Mayo de 2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. Anales de Psicología, 30(2). Obtenido de <https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>
 [19] Grijalva, C. (2020). Concreto Armado 1. Universidad De San Carlos De Guatemala.
 [20] Guzmán, D. S. (2001). Tecnología del concreto.
 [21] Instituto Americano Del Concreto. (s.f.).
 [22] Instituto Geológico y Minero de España. (2019). Vocabulario De Rocas, Sedimentos y Formaciones Superficiales.
 [23] López, L. G. (2003). El Concreto Y Otros Materiales Para La Construcción.
 [24] Rendón Macías, M. E., Villasís Keeve, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. Alergia México, 63(4). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>
 [25] Sánchez Pastor, F. (s/f). Hojas de cálculo en Microsoft Excel. Madrid, España: Biblioteca de la Universidad Complutense. Obtenido de https://geografiaehistoria.ucm.es/data/cont/media/www/pag-88331/Excel_dossier.pdf