

Características fisicoquímicas del agregado fino de las canteras de Chalamarca y Conchán en Chota, Cajamarca

Physicochemical characteristics of fine aggregate from the Chalamarca and Conchán quarries in Chota, Cajamarca

Jose Elver Bustamante Ruiz^{1*}  Jhansel Yair Marrufo Cercado¹  Dante Hartman Cieza León¹ 

¹Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

*Autor de correspondencia [e-mail: jelverbr@gmail.com]

RESUMEN

Los agregados ejercen influencia sustancial en la firmeza y rigidez del concreto para su uso en ingeniería. Así, el objetivo en este estudio fue determinar las características fisicoquímicas del agregado fino de las canteras de Chalamarca y Conchán en Chota, Cajamarca. La muestra fue arena de seis canteras de Chalamarca y dos de Conchán, con las cuales se elaboró 144 probetas de concreto para ensayos a compresión a 7, 14 y 28 días, también, se analizaron las características del concreto no endurecido, para verificar su correlación con las propiedades físicas y químicas de la arena. En base a los resultados, se determinó que, todas las canteras cumplen parcialmente con la NTP 400.037:2021, pero la cantera Lumba cumple la totalidad de los requisitos normativos. Respecto a las propiedades del concreto no endurecido, la procedencia del árido generó variabilidad en el asentamiento de la mezcla, pero en todos los casos dentro del rango plástico. En el concreto endurecido la resistencia a compresión es mayor para la mezcla con arena de Conchán (257.67 kg/cm^2) y menor para el concreto con arena de la cantera Tobías (234.67 kg/cm^2), pero en todos los casos superan el f_c de 210 kg/cm^2 . Se concluye que, la arena de las canteras de Chalamarca y Conchán cumple parcialmente con las propiedades fisicoquímicas, y las características técnicas del agregado fino de la cantera Lumba cumplen totalmente con los requerimientos de la NTP 400.037, en cuanto al huso granulométrico la cantera Conchán cumple con la curva de gradación.

Palabras clave: Arena, asentamiento, granulometría, peso unitario, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

Aggregates have a substantial influence on the strength and stiffness of concrete for engineering use. Thus, the objective of this study was to determine the physicochemical characteristics of fine aggregate from the Chalamarca and Conchán quarries in Chota, Cajamarca. The sample was sand from six quarries in Chalamarca and two in Conchán, with

which 144 concrete specimens were prepared for compression tests at 7, 14 and 28 days. The characteristics of the unhardened concrete were also analyzed to verify its correlation with the physical and chemical properties of the sand. Based on the results, it was determined that all the quarries partially comply with NTP 400.037:2021, but the Lumba quarry meets all the regulatory requirements. Regarding the properties of the unhardened concrete, the origin of the aggregate generated variability in the settlement of the mixture, but in all cases within the plastic range. In the hardened concrete, the compressive strength is higher for the mixture with Conchán sand (257.67 kg/cm^2) and lower for the concrete with sand from the Tobías quarry (234.67 kg/cm^2), but in all cases they exceed the f'_c of 210 kg/cm^2 . It is concluded that the sand from the Chalamarca and Conchán quarries partially meets the physicochemical properties, and the technical characteristics of the fine aggregate from the Lumba quarry fully meet the requirements of NTP 400.037, in terms of the granulometric spindle, the Conchán quarry complies with the gradation curve.

Keywords: Sand, settlement, granulometry, unit weight, compression resistance.

INTRODUCCIÓN

Los áridos constituyen la mayor proporción de las materias primas utilizadas para la producción de concreto, por lo tanto, su calidad influye significativamente en el desempeño de los materiales de construcción compuestos (Fournari et al., 2021). Su aporte en concreto varía entre 65% a 80% en volumen, en consecuencia, se espera que las propiedades de los agregados tengan un efecto sobre la durabilidad y desempeño de los concretos y morteros en uso (Fournari e Ioannou, 2019).

Al mismo tiempo, los agregados son los más duraderos y estables entre las materias primas incorporadas en las mezclas de concreto/mortero y, por lo tanto, afectan la durabilidad de los productos finales endurecidos (Pei et al., 2022). Además, juegan un papel fundamental en la determinación del costo y la trabajabilidad del concreto/mortero (Arulmoly & Konthesingha, 2022), por lo que, se requiere el conocimiento de ciertas características de

los agregados (densidad, clasificación y estado de humedad) para dosificar mezclas de concreto/mortero (Li et al., 2021). La porosidad o densidad, clasificación, forma y textura de los agregados determinan las propiedades de las mezclas de mortero y concreto plástico (Fournari & Ioannou, 2019).

En el Perú, en la norma E.060 (MVCS, 2009) se ha especificado las particularidades que deben poseer los agregados y concreto para ser considerados materiales de calidad, no obstante, algunos autores argumentan que, en la región de Cajamarca los agregados que se extraen de la montaña son de calidad escasa y están fuera del límite de las descripciones técnicas necesarias para la elaboración de concreto. Asimismo, en muchas provincias, la extracción representa un problema por la baja disponibilidad del material, tal como en Chota, donde actualmente solo se cuenta con la cantera Conchán. Según, Cieza (2021) esta cantera tiene una extensión de $42,286.70 \text{ m}^2$, con elevación de corte

irregular de 13 a 94 m y volumen de material de 2,293,601.04 m³, su uso constante terminará por dejar sin disponibilidad de agregado fino a las construcciones chotanas, siendo así, es oportuno buscar nuevas fuentes de material granular, sin embargo, no basta con encontrar nuevos bancos de préstamo, también es necesario verificar calidad técnica para la fabricación de concreto.

A pesar de que, los constructores chotanos prefieren a la cantera Conchán por proveer de un agregado más limpio y mayor calidad, es necesario dar a la población otras alternativas de agregado fino, con nuevas fuentes de material estandarizado de cantera que cumplan los lineamientos técnicos para su uso en la producción de concreto.

En el distrito de Chalamarca – Chota, por inspección local y coordinación con los entes gubernamentales locales (Municipalidad Distrital de Chalamarca) se han identificado seis canteras de agregado fino que, si bien se encuentran en fase de explotación, no son ampliamente utilizadas en el medio local, por el desconocimiento de sus características fisicoquímicas.

La población local del distrito de Chalamarca utiliza este agregado fino argumentando que posee buenas características de trabajabilidad y resistencia en el concreto, además de que, es de menor costo, no obstante, se deben analizar las características del material para comprobar que, cumpla los estándares

técnicos de su uso en la producción de concreto, ratificando o invalidando la información dada por los usuarios. En este contexto, el objetivo en este estudio fue determinar las características fisicoquímicas del agregado fino utilizando áridos de Chalamarca y Conchán en Chota, Cajamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio fue realizado en el distrito de Chalamarca, está localizado en las coordenadas UTM WGS84 17S 781115.60 E, 9282262.30 S y a una altitud de 2 550 m.s.n.m., el clima es templado y cálido, el clima se caracteriza por presentar una temperatura media de 13 °C, y 67% de humedad relativa, con precipitaciones pluviales de 54 mm (MDCH, 2021). Ahora bien, el distrito de Conchán se localiza en las coordenadas UTM WGS84 17S 759259.96 E, 9287133.29 S, y a una altitud de 2400 m.s.n.m., con clima templado, temperatura media de 17.8 °C, 73% de humedad relativa, precipitaciones pluviales 51 mm en media.

En el lugar de estudio, se ubicaron homogéneamente 6 canteras de agregado fino en el distrito de Chalamarca y 2 canteras de agregado fino en el distrito de Conchán para analizar sus características fisicoquímicas (Figura 1), de otro lado, en la Tabla 1 se presenta las coordenadas UTM de cada una de las canteras estudiadas.

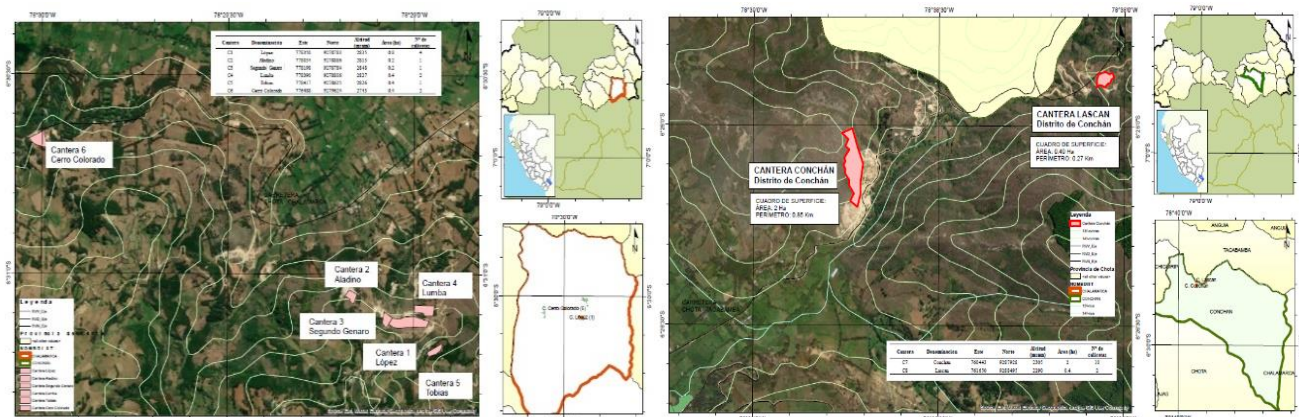


Figura 1. Ubicación de las canteras de agregado fino del distrito de Chalamarca y Conchán, Chota, Cajamarca.

Tabla 1. Coordenadas de ubicación geográfica de las canteras de agregado fino en Chalamarca y Conchán, Chota, Cajamarca.

Cantera	Denominación	Distrito	Este (m)	Norte (m)	Altitud (msnm)	Área (ha)	Perímetro (km)
C1	López	Chalamarca	778350	9278783	2835	0.80	0.44
C2	Aladino	Chalamarca	778034	9278886	2813	0.20	0.18
C3	Segundo Genaro	Chalamarca	778198	9278784	2848	0.20	0.19
C4	Lumba	Chalamarca	778390	9278806	2827	0.40	0.28
C5	Tobías	Chalamarca	778417	9278625	2826	0.40	0.20
C6	Cerro Colorado	Chalamarca	776488	9279624	2743	0.40	0.21
C7	Conchán	Conchán	760443	9287928	2305	2.00	0.85
C8	Lascañ	Conchán	761650	9288495	2290	0.40	0.27

Colecta y procesamiento de datos

En primer lugar, se delimitó la extensión de las canteras en estudio con el uso del GPS, con el cual se obtuvo el área, en seguida se estimó el número de puntos de muestreo tomando como criterio el manual del MTC (2014) que, sugiere cinco calicatas por ha, por lo que, en la cantera Conchán se tuvo 10 puntos de muestreo y dos la cantera Lascañ.

En las 6 canteras de Chalamarca fueron marcados 11 puntos de muestreo de los cuales se extrajo árido para ensayos físicos,

como: humedad, granulometría, porcentaje de finos (tamiz N° 200), peso específico, absorción, peso unitario, y ensayos químicos, como: contenido de cloruros, sulfatos, sustancias orgánicas y pH. Los ensayos físicos se realizaron en el laboratorio de mecánica de materiales de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería – UNACH, y los ensayos químicos se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería y construcción S.A.C-GSE de Chota, Cajamarca.

Luego se realizó el diseño de mezclas $f'c$ 210 kg/cm² por el método ACI 211 (2022) utilizando los resultados de las propiedades físicas del agregado grueso de la cantera Chuyabamba y árido fino de las canteras de Conchán y Chalamarca. Se elaboraron probetas con la dosificación inicial determinada por el método ACI 211 (2022) para cada cantera de árido fino.

Las mezclas de concreto en estado no endurecido fueron llevadas a ensayo de peso unitario, contenido de aire, temperatura y asentamiento; para luego curar las probetas de concreto a 7, 14 y 28 días para el estudio de resistencia a compresión del concreto en estado endurecido. Los ensayos en estado no endurecido se realizaron en el laboratorio de mecánica de materiales de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería – UNACH y los ensayos en estado endurecido se realizaron en el laboratorio externo GSE – Chota, Cajamarca.

Diseño estadístico

El estudio fue concluido bajo un diseño completamente al azar (DCA) en esquema factorial bifactorial, siendo el primer factor canteras con seis niveles (López, Aladino, Segundo Genaro, Lumba, Tobías y Cerro colorado) y el segundo factor el tiempo con tres niveles (7, 14 y 28 días) distribuidos en seis repeticiones y una probeta por unidad experimental.

Entre tanto, el segundo experimento fue conducido bajo el mismo diseño experimental en esquema bifactorial, siendo el primer factor fuentes de material con dos niveles (Conchán y Lascan) y al tiempo de curado con tres niveles (7, 14 y 28 días)

distribuidos en seis repeticiones y con una probeta por unidad experimental.

Análisis de datos

Los datos fueron tabulados en Excel, en seguida fueron sometidos a análisis de varianza, las medias de los tratamientos fueron sometidos a prueba de medias de Tukey a 5% de probabilidad. Todos los análisis fueron realizados con programa estadístico MINITAB 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantera que proporcionó el agregado fino más húmedo fue Conchán y el árido con menor humedad fue Lumba (Tabla 2). En este caso el árido más adecuado es aquel con menor humedad, no obstante, este parámetro se considera dentro del diseño de mezclas así que, se habría que estimar el volumen de agua efectiva, así como la absorción. El árido de la cantera Aladino presenta la mayor absorción, entre tanto, la arena de la cantera Lumba es la menos absorbente, por tanto, mantendrá el nivel de agua utilizado en la mezcla y no le disminuiría agua a la mezcla aglomerante durante el proceso de fraguado.

El módulo de finura debe estar en el rango de 2.3 a 3.1 según la NTP 400.037 (INACAL, 2021) sin embargo, la cantera con menor MF es Tobías que no cumple con tal criterio y las demás canteras están dentro del rango sugerido, siendo la cantera con mayor MF la cantera Aladino (Tabla 2), siendo favorable puesto que, una arena más gruesa puede aportar mayor resistencia al concreto. Respecto al porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200 este debe ser menor a 5% para arena natural y menor a

7% para arena manufacturada según la NTP 400.037 (INACAL, 2021), sin embargo, todas las canteras a excepción del árido de la cantera Lumba, no cumplen con este criterio, por tanto, deben pasar por procesos de tamizado previo a su uso para controlar la proporción de finos en la mezcla.

El peso específico de un agregado se considera liviano cuando es menor a 2.5 g/cm³ y pesado cuando supera 2.7 g/cm³,

por lo que, en todos los casos la arena de las canteras corresponde a la categoría normal, siendo la arena más densa la de la cantera Lascan y la menos densa la de la cantera Conchán, lo que guarda estrecha relación con el peso unitario suelto y compactado (Tabla 2). Finalmente, el contenido de cloruros y sulfatos es leve en todas las canteras siendo mayor en la cantera Aladino para cloruros y en la cantera Lascan para sulfatos (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de análisis de las propiedades fisicoquímicas de la arena de las canteras de Conchán y Chalamarca, Chota, Cajamarca.

Propiedades fisicoquímicas		Cantera							
		Conchán		Chalamarca					
		Conchán	Lascan	1: López	2: Aladino	3: Segundo Genaro	4: Lumba	5: Tobías	6: Cerro Colorado
Humedad (%)		12.713	11.960	6.323	9.260	9.990	4.695	6.060	7.755
Proporción de arena (%)	Gruesa	8.798	16.028	13.96	25.187	14.167	11.480	2.323	18.032
	Media	84.468	79.780	81.05	65.833	74.913	82.455	91.597	70.033
	Fina	6.734	4.192	4.976	8.980	10.920	6.065	6.080	11.935
MF (%)		2.465	2.611	2.676	2.841	2.269	2.362	1.951	2.483
Pasa tamiz N° 200 (%)		6.439	8.395	7.790	8.150	15.830	4.275	5.960	12.870
Peso unitario (g/cm ³)	PUS	1.444	1.440	1.399	1.425	1.312	1.424	1.369	1.462
	PUC	1.604	1.609	1.544	1.597	1.474	1.553	1.553	1.681
Peso específico (g/cm ³)	De masa	2.526	2.596	2.579	2.524	2.552	2.592	2.577	2.563
	SSS	2.557	2.633	2.598	2.565	2.577	2.609	2.598	2.591
	Aparente	2.607	2.697	2.628	2.630	2.618	2.637	2.632	2.639
	Absorción	1.225	1.450	0.718	1.590	0.980	0.655	0.810	1.130
Propiedades químicas	% MO	0.370	0.480	0.600	0.760	0.770	0.380	0.590	0.730
	CL %	0.007	0.008	0.007	0.010	0.007	0.007	0.006	0.006
	SO ₄ -2 %	0.005	0.041	0.005	0.006	0.007	0.006	0.005	0.006
	pH	6.000	5.800	6.300	5.800	6.500	7.000	7.300	7.300

Asimismo, en la Tabla 3 se observa las proporciones de mezcla por el método ACI 211 (2022) que tienen igual relación a/c para todos los casos, también tienen igual cantidad de cemento por m³ de concreto, siendo 8.132 bolsas, más presentan ligeras diferencias en la proporción de arena, grava y agua, siendo mayor la proporción de arena para la mezcla con árido de la cantera Aladino y menor para la cantera Tobías, así mismo, la mezcla que requiere mayor

proporción de grava es la que, tiene agregado fino de la cantera Tobías, y la que requiere menor cantidad de grava, es la que utiliza arena de la cantera Aladino. El volumen de agua es mayor en la cantera Lumba debido a que es la cantera con menor humedad y absorción, pero el árido que requiere menor volumen de agua es de la cantera Conchán debido a que presenta mayor humedad y absorción.

Tabla 3. Cantidad de cemento, arena, grava y agua encontradas en la proporción de Mezclas – Método ACI 211.1

Cantera	Denominación	A/C	Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (lts)
Conchán		0.5584	8.132	0.289	0.430	108.418
Lascan		0.5584	8.132	0.297	0.422	111.289
Chalamarca 1	López	0.5584	8.132	0.286	0.418	150.981
Chalamarca 2	Aladino	0.5584	8.132	0.305	0.407	133.312
Chalamarca 3	Segundo Genaro	0.5584	8.132	0.269	0.442	130.467
Chalamarca 4	Lumba	0.5584	8.132	0.262	0.437	164.882
Chalamarca 5	Tobías	0.5584	8.132	0.239	0.462	159.920
Chalamarca 6	Cerro Colorado	0.5584	8.132	0.280	0.429	144.875

Además, en la Tabla 4 se presenta las características del concreto no endurecido producido con las mismas condiciones de grava, agua y cemento, pero variando la procedencia del agregado fino, siendo este obtenido de canteras de arena del distrito de Conchán y Chalamarca. La variación de

la procedencia del árido genera variabilidad significativa en el asentamiento de la mezcla y en el peso unitario del concreto, no obstante, el contenido de aire depende del diseño de mezcla y la temperatura de la climatología ambiental en la que se ha producido la mezcla de concreto.

Tabla 4. Propiedades del concreto no endurecido, peso unitario, contenido de aire, temperatura y asentamiento del agregado fino de las canteras del distrito de Conchán y Chalamarca, Chota, Cajamarca.

Lugar	Cantera	Peso unitario (kg/m ³)	Contenido de aire (°)	Temperatura (°C)	Asentamiento (cm)
Conchán	Conchán	2301.85	1.47	17.6	7.6
	Lascán	2300.46	1.51	17.5	9
	1 López	2271.3	1.52	17.4	9.5
Chalamarca	2 Aladino	2279.63	1.48	17.6	8
	3 Segundo	2283.8	1.51	17.5	9.1
	4 Lumba	2287.96	1.49	17.5	8.3
	5 Tobías	2299.07	1.53	17.4	10
	6 Cerro Colorado	2311.57	1.5	17.5	8.6

La principal propiedad del concreto endurecido es su resistencia a la compresión (Tabla 5), en ese sentido, fue verificado que a los 28 días de curado todas las muestras de concreto superan la resistencia de diseño. La cantera que alcanza la mayor resistencia a compresión a los 28 días es la cantera Conchán que tiene 257.67 kg/cm² y las canteras que se acercan a la resistencia a compresión son las muestras de la cantera Aladino, Cerro Colorado y Lumba, las tres pertenecientes al distrito de Chalamarca.

Así, el árido de estas canteras puede ser utilizado en la fabricación de concreto f'c 210 kg/cm² y obtener características similares de resistencia del concreto producido con arena de la cantera Conchán. Asimismo, en la Tabla 5 se observa que, a los 7 y 14 días el concreto producido con agregado de la cantera Lumba alcanza mayor resistencia a

compresión, en ese sentido, su uso es favorable en aquellos proyectos en los que se requiere desencofrar con mayor prontitud.

De otro lado, el concreto producido con la arena de la cantera Aladino del distrito de Chalamarca es la segunda con mayor resistencia a compresión a los 7 y 14 días, pero también alcanza la mayor resistencia a los 28 días de curado y el concreto con agregado fino de la cantera Conchán es el tercero en alcanzar mayor resistencia a compresión a los 7 días, sin embargo, incrementa su resistencia progresivamente convirtiéndose a los 28 días en el concreto con mayor resistencia a compresión, por tanto, las canteras de agregado fino más favorables para la fabricación de concreto son la cantera Conchán, Aladino y Lumba. Pero el concreto con menor resistencia a compresión a los 28 días es el producido con arena de la cantera Tobías (Tabla 5).

Tabla 5. Resistencia a compresión del concreto según tiempo de curado a los 7, 14 y 28 días.

Lugar	Cantera	Resistencia a compresión (kg/cm ²)		
		Tiempo de curado en días		
		7	14	28
Conchán	Conchán	203	218.83	257.67
	Lascañ	188.17	205.5	246.17
	López	198.5	209.5	245.67
	Aladino	203.67	220.33	251.67
Chalamarca	Segundo	194.17	216	246
	Genaro			
	Lumba	205.33	227.67	249.33
	Tobías	193.5	213.83	234.67
	Cerro Colorado	185.17	221.67	247

CONCLUSIONES

La arena de las canteras de Chalamarca y Conchán cumple parcialmente con las propiedades fisicoquímicas de la NTP 400.037.

Las características técnicas del agregado fino de la cantera Lumba cumplen totalmente con los requerimientos de la NTP 400.037 y las otras canteras exceden el porcentaje máximo de material fino, no obstante, en cuanto al huso granulométrico la cantera Conchán cumple con la curva de gradación.

Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento para ejecutar el trabajo de investigación.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de interés con los contenidos del artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 211. (2022). ACI PRC-211.1-22: Selecting Proportions for Normal-Density and High Density-Concrete - Guide. American Concrete Institute. ISBN: 9781641951869
- Arulmoly, B., & Konthesingha, C. (2022). Pertinence of alternative fine aggregates for concrete and mortar: A brief review on river sand substitutions. *Australian Journal of Civil Engineering*, 20(2), 272-307. <https://doi.org/10.1080/14488353.2021.1971596>
- Cieza, J. L. (2021). Evaluación de las propiedades físico-químicas del agregado fino de las principales canteras del distrito de Conchán para la elaboración de concreto. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].

- <https://hdl.handle.net/20.500.14142/174>
- Fournari, R., & Ioannou, I. (2019). Correlations between the properties of crushed fine aggregates. *Minerals*, 9(2), 86. <https://doi.org/10.3390/min9020086>
- Fournari, R., Ioannou, I., & Rigopoulos, I. (2021). The influence of ophiolitic crushed fine aggregate properties on the performance of cement mortars. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80(12), 8903-8920. <https://doi.org/10.1007/s10064-021-02195-5>
- Ganesan, K., Kanagarajan, V., & Dominic, J. R. J. (2022). Influence of marine sand as fine aggregate on mechanical and durability properties of cement mortar and concrete. *Materials Research Express*, 9(3), 035504. DOI 10.1088/2053-1591/ac5f88
- INACAL. (2021). NTP 400.037. Agregados. Agregados para concreto. Especificaciones, 5ª Ed. Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... & Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595. <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>
- Li, T., Nogueira, R., de Brito, J., & Liu, J. (2023). Underlying mechanisms of the influence of fine aggregates' content and properties on mortar's plastic viscosity. *Journal of Building Engineering*, 67, 106016. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106016>
- Li, Z., Lu, D., & Gao, X. (2021). Optimization of mixture proportions by statistical experimental design using response surface method-A review. *Journal of Building Engineering*, 36, 102101. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.102101>
- López, L. A. & Núñez, G. W. (2022). *Análisis del módulo de elasticidad estático del hormigón en base a su resistencia a la compresión, fabricado con materiales de las minas: comanche uno y comanche dos, ubicadas en el cantón Palora, provincia de Morona Santiago* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/35209>
- Malathy, R., Rajagopal Sentilkumar, S. R., Prakash, A. R., Das, B. B., Chung, I. M., Kim, S. H., &

- Prabakaran, M. (2022). Use of Industrial Silica Sand as a Fine Aggregate in Concrete—An Explorative Study. *Buildings*, 12(8), 1273. <https://doi.org/10.3390/buildings12081273>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (MVCS, 2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.060. Concreto armado. MVCS.
- MTC. (2014). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).
- Municipalidad Distrital De chalamarca. (2021). *PDU: Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chalamarca 2021*. MDCH.
- Ozioko, H. & Ohazurike, E. (2020). Effect of Fine Aggregate Types on the Compressive Strength of Concrete. *Nigerian Journal of Engineering*, 27(2), 55-59. <https://www.njeabu.com.ng/>
- Pathan, M. A., Maira, M. M., Khaskheli, A. A., & Ahmed, A. J. (2021). Comparative Analysis of Engineering Properties of Indus River Sand Concrete with Quarry Dust Concrete, District Jamshoro Sindh Pakistan. *Journal Of Civil Engineering And Management*, 5(3), 74-78. https://saudijournals.com/media/articles/SJCE_53_74-78.pdf
- Pei, J., Sharma, R., & Jang, J. G. (2022). Use of carbonated Portland cement clinkers as a reactive or non-reactive aggregate for the production of cement mortar. *Construction and Building Materials*, 319, 126070. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126070>
- Tapia, C. (2021). *Evaluación del concreto adicionando residuos de cerámica y porcelanato*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/176>
- Vikrant, D., Saand, A., Irshad, N., & Kumar, D. (2023). Mechanical properties of concrete by replacement of fine aggregate with desert sand. *Mehran University Research Journal Of Engineering & Technology*, 42(1), 216-223. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.874327875290433>

Contribución de autoría

1. Jose Elver Bustamante Ruiz: Concepción y elaboración del manuscrito.
2. Jhansel Yair Marrufo Cercado: Concepción y elaboración del manuscrito.
3. Dante Hartman Cieza León: Análisis de datos.

Recibido: 27-02-2024

Aceptado: 17-07-2024

Publicado:31-07-2024