

Análisis del mortero de junta para muros portantes sustituyendo el agregado fino por filler calizo en Chota, Cajamarca

Analysis of joint mortar for load-bearing walls replacing fine aggregate with limestone filler, Chota

Yoner Jhoan Idrogo Huamán *  Claudia Emilia Benavidez Nuñez 

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

*Autor de correspondencia: [email: yoneridrogo@gmail.com]

RESUMEN

El filler calizo es un material de origen mineral que se utiliza para mejorar la compacidad del mortero, pero a nivel local este componente no había sido analizado. Así, el objetivo fue determinar la sustitución del agregado fino natural (arena) por filler calizo en el mortero de junta para muros portantes para el asentado de ladrillo King Kong de 18 huecos en muros portantes de las edificaciones de la ciudad de Chota. Para ello, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión utilizando distintas dosificaciones de mortero teniendo como muestra a 144 cubos de mortero elaborados con cemento portland tipo I y filler calizo de la cantera Curva Grande o Arena de la cantera Conchán en las dosificaciones 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6. Los resultados mostraron que tanto el filler calizo como la arena cumplieron con los requisitos granulométricos y de finura. El mortero elaborado con filler calizo alcanzó una clasificación de mortero tipo S, mientras

que el mortero de arena alcanzó una clasificación de mortero tipo N. Ambos morteros mostraron una excelente adherencia y superaron los requisitos de las normas internacionales. Además, el mortero de filler calizo mostró una mayor resistencia a compresión axial y resistencia al corte diagonal en comparación con el mortero de arena. En conclusión, el filler calizo puede ser utilizado exitosamente en el mortero para el asentado de ladrillo en la ciudad de Chota.

Palabras clave: arena, asentado de ladrillo, adherencia, resistencia a compresión, albañilería.

ABSTRACT:

Limestone filler is a mineral-based material used to improve mortar compactness, but this component had not been analyzed locally. Thus, the objective was to determine the replacement of natural fine aggregate (sand) with limestone filler in the joint mortar for load-bearing walls for the laying

of 18-hole King Kong bricks in load-bearing walls of buildings in the city of Chota. To this end, compressive strength tests were carried out using different mortar mixes, taking as a sample 144 mortar cubes made with type I Portland cement and limestone filler from the Curva Grande quarry or sand from the Conchán quarry in mixes of 1:3, 1:4, 1:5, and 1:6. The results showed that both the limestone filler and the sand met the granulometric and fineness requirements. The mortar made with limestone filler achieved a type S mortar classification, while the sand mortar achieved a type N mortar classification. Both mortars showed excellent adhesion and exceeded the requirements of international standards. In addition, the limestone filler mortar showed greater axial compressive strength and diagonal shear strength compared to the sand mortar. In conclusion, limestone filler can be successfully used in mortar for brick laying in the city of Chota.

Keywords: sand, brick laying, adhesion, compressive strength, masonry.

INTRODUCCIÓN

La construcción es una de las actividades económicas más importantes a nivel mundial, pero conlleva a la explotación de los recursos naturales para la producción de materiales, como cemento, mortero y acero (Maury-Ramírez et al., 2022).

En Perú, los materiales de mayor uso en edificaciones son: cemento, mortero, ladrillos y agregados (Collazos & Ruiz, 2019). La construcción de edificaciones depende de la utilización de agregados finos y gruesos para combinar estos con el cemento y lograr concreto y/o mortero

(Tenorio & Acosta, 2022). El agregado grueso se obtiene de la trituración de las rocas en tamaños máximos de 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " (Aceros Arequipa, 2019), pero la roca triturada que no presente esta gradación es desechada lo que genera residuos pétreos, los cuales lejos de ser reutilizados son almacenados en vertederos u otros (Madhav et al., 2018).

El mortero es una mezcla de cemento, arena y agua; la arena gruesa se utiliza para albañilería y la arena fina para enlucidos. El mortero es responsable del ensamblaje de unidades de mampostería portantes y no portantes, pero a pesar de su alto uso en albañilería, el mortero no es tan valorado como el concreto, sin embargo, la estabilidad de un muro de mampostería depende de su calidad. Siendo así, el mortero debe cumplir los requisitos de las NTP 399.610 (INACAL, 2018) y E.070 (MVCS, 2006).

La norma E.070 (MVCS, 2006) recomienda la dosificación 1:4 cemento: arena para la producción de mortero, pero en la ciudad de Chota, según Burga (2022) es usual el uso de otras dosificaciones como 1:5 y 1:6 cemento: arena, utilizando convencionalmente la arena de Conchán, provincia de Chota.

El agregado fino "arena", es trasladado desde el distrito de Conchán, lo que, genera un aumento en el precio de este agregado por el costo de traslado (Carranza, 2021), y considerando que se requiere en una proporción mayor que el cemento, encarece el costo promedio de la mezcla de mortero, además de que, se está usando la única cantera de árido fino, restando disponibilidad a la misma y significando un

serio problema para la sostenibilidad ambiental, lo que demanda la búsqueda de nuevos materiales que remplacen al árido convencional.

Por otro lado, los agregados gruesos para la ciudad de Chota son adquiridos por medio de proveedores o directamente de las canteras, tales como, cantera La Cangana, del Río Chotano, El Core, Chuyabamba, Pingobamba El Toril, Curva Grande, entre otras. La cantera Curva Grande está ubicada en el centro poblado de Rejopampa Alto, distrito de Chota, hace uso de máquinas industriales para la trituración de roca caliza azul de la formación Cajamarca, sin embargo, del proceso de trituración se genera residuos que no cumplen con el tamaño y dimensión para la venta como agregado grueso en un concreto o confitillo, por ello son desechados o simplemente acumulados en diferentes botaderos, constituyendo un problema de contaminación del medio físico y biológico de dicho centro poblado. Según Srivastava & Singh (2020), El Machi et al. (2021), Arulmoly & Konthesingha (2021), Paes et al. (2022), Madhav et al. (2018) la combinación del cemento con filler calizo en remplazó de la arena para la producción de mortero se puede utilizar con éxito, e incluso puede mejorar importantes propiedades mecánicas del mismo, no obstante, las características de las rocas varían para cada región, por lo

que, recomiendan un análisis local antes de su aplicación.

Es en base a lo descrito, el objetivo en este estudio fue determinar la sustitución del agregado fino natural (arena) por filler calizo en el mortero de junta para muros portantes para el asentado de ladrillo King Kong de 18 huecos en muros portantes de las edificaciones de la ciudad de Chota.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

En la presente investigación se utilizaron agregados finos provenientes de dos canteras ubicadas en la provincia de Chota, región Cajamarca (Tabla 1 y Figura 1). La primera es la cantera Curva Grande, situada en la comunidad de Rejopampa (coordenadas UTM WGS84: 17S 762164.75 m E y 9269054.93 m S), la cual produce agregado grueso, pero genera como residuo el filler calizo (agregado fino reciclado). La segunda es la cantera Conchán (coordenadas UTM WGS84: 17S 760444.00 m E y 9288079.00 m S), ubicada a 500 m de la ciudad de Conchán, que suministra agregado fino natural para concreto y mortero. El clima en la zona es frío y parcialmente nublado, con temperaturas entre 10 °C y 25 °C, y precipitaciones máximas de 115.05 mm durante la temporada de lluvias (Senamhi, 2023).

Tabla 1. Coordenadas UTM WGS84 17S de las Canteras de Agregado Fino

Cantera	Distrito	Coordenadas UTM WGS84 17S	
		Este (m E)	Norte (m S)
Filler Calizo Curva Grande	Chota	762164.75	9269054.93

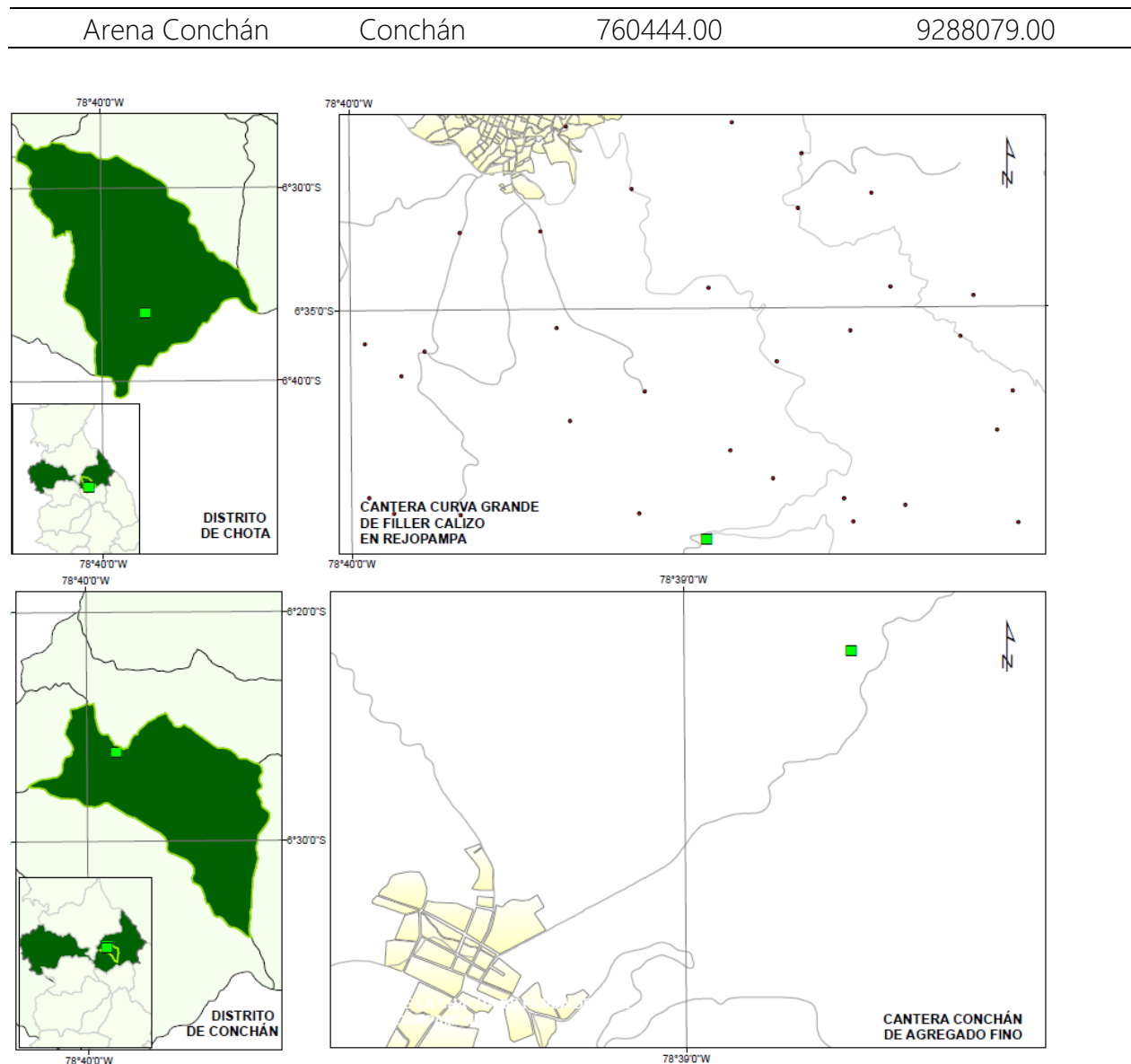


Figura 1. Mapa de Ubicación de las Canteras de Agregado Fino en Chota Cajamarca

Diseño estadístico

El estudio presentó enfoque cuantitativo, de tipo básico, con nivel explicativo y diseño experimental clásico con pre test y post test, donde el grupo de control estuvo conformado por mortero con arena y el grupo experimental por mortero con filler calizo, evaluando el cumplimiento de la NTP 399.610 (INACAL, 2018) y la norma E.070

(MVCS, 2006). El muestreo fue por conveniencia, considerando las condiciones establecidas en las normas técnicas peruanas, y se analizaron 144 cubos de mortero, 24 especímenes de ladrillos cruzados y 24 unidades de ensayo de albañilería (pilas y muretes), correspondientes a las dosificaciones 1:3,

1:4, 1:5 y 1:6 de cemento con agregado fino natural y reciclado (Tabla 2, 3, 4 y 5).

Tabla 2. Número de especímenes de mortero cemento: arena

Resistencia a compresión (días)	Dosificación cemento: arena				Total
	1:3	1:4	1:5	1:6	
7	6	6	6	6	24
14	6	6	6	6	24
28	6	6	6	6	24
Total	18	18	18	18	72

Tabla 3. Número de Especímenes de Mortero Cemento: Filler Calizo

Resistencia a compresión (días)	Dosificación cemento: filler calizo				Total
	1:3	1:4	1:5	1:6	
7	6	6	6	6	24
14	6	6	6	6	24
28	6	6	6	6	24
Total	18	18	18	18	72

Tabla 4. Número de Muestras de Dos Ladrillos Cruzados Unidos con Mortero para Pruebas de Adherencia a Tracción Directa

Tipo de mortero	Dosificación cemento: agregado fino				Total
	1:3	1:4	1:5	1:6	
Con arena	3	3	3	3	12
Con filler calizo	3	3	3	3	12
Total	6	6	6	6	24

Tabla 5. Número de Ensayos en Albañilería con Mortero Cemento: Arena y Mortero con Cemento: Filler Calizo en la Dosificación Adecuada

Pilas y muretes asentados con mortero de cemento: agregado fino (arena o filler calizo)	Compresión axial	Compresión diagonal	Total
1:3	3	3	6
1:4	3	3	6
1:5	3	3	6
1:6	3	3	6
Total	12	12	24

Colecta de datos

Obtención de filler calizo. Para esta actividad se han utilizado herramientas manuales (palanas, carretillas, baldes y

saquetas), para recoger el material desechado de la comercialización de la piedra triturada y trasladarlo hacia la ciudad de Chota (Figura 2).



Figura 2. Filler Calizo de la cantera Curva Grande en Rejopampa

Ensayos físicos al árido natural y reciclado.

En el laboratorio de mecánica de materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Autónoma de Chota se realizaron los ensayos físicos al árido natural (arena de la cantera Conchán) y al agregado fino reciclado (filler calizo de la cantera Rejopampa) de acuerdo a las normas técnicas nacionales: NTP 400.012 Granulometría y módulo de fineza de la arena fina (INACAL, 2021), NTP 400.017 Peso unitario (INACAL, 2020), NTP 339.185 Contenido de humedad (INACAL, 2021), NTP 400.022 Peso específico y porcentaje de absorción (INACAL, 2021).

Elaboración de cubos de mortero.

Para elaborar los cubos de mortero inicialmente se determinó la cantidad de materiales necesarios para cada uno de los dos tipos de mezcla una con cemento portland tipo I de la Marca Pacasmayo (ver en anexo ficha técnica) y filler calizo de la cantera Curva Grande en Rejopampa Alto, Chota, como sustituto del agregado fino natural (arena) de la cantera Conchán, Chota, y otro con cemento: arena en las dosificaciones 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6, con una relación agua/cemento (a/c) de 0.50. El cálculo de la dosificación se basó en el procedimiento descrito por el Ing. Agustín Rodríguez en su canal

“Materiales de construcción” (Rodríguez, 2018) donde se parte de la hipótesis de que, el volumen del mortero es igual al volumen del agregado fino, y el cemento con el agua

forman la pasta que, cubrirá los vacíos de la arena. Siendo así, las fórmulas que se utilizaron son las siguientes:

(1) Las hipótesis de partida fueron

$$P \text{ cemento} + P \text{ arena} = P \text{ mortero fresco} \quad (1)$$

$$V \text{ conjunto cemento} + V \text{ conjunto arena} + V \text{ agua} > V \text{ mortero fresco} \quad (2)$$

$$\text{Volumen del mortero} = \text{Volmen de la arena} \quad (3)$$

(2) Si la dosificación está en volumen la proporción de mezcla se obtiene por medio de una simple división:

$$\text{Volumen del cemento} = \frac{\text{Volumen de arena}}{\text{Proporción de la dosificación}} \quad (4)$$

$$\text{Por ejemplo: Volumen de cemento} = \frac{1}{3} = 0.33 \quad (5)$$

$$\text{Volumen de agua} = \frac{\text{Volumen de cemento}}{\text{Relación agua/cemento}} \quad (6)$$

$$\text{Por ejemplo: Volumen de agua} = \frac{0.33}{0.50} = 0.167 \quad (7)$$

Siendo así, el volumen de materiales para producir mortero cemento: arena es el mismo que, el utilizado para producir mortero cemento: filler calizo (Tabla 6).

Tabla 6. Proporción de materiales en volumen para la producción de mortero

Proporción cemento: AF	Volumen (m3)		
	Cemento	Arena/ Filler calizo	Agua
1:3	0.33	1	0.167
1:4	0.25	1	0.125
1:5	0.20	1	0.100
1:6	0.17	1	0.083

(3) Luego, a partir de la hipótesis se definieron las fórmulas de comprobación. En estas se comprueba que el volumen de la pasta (cemento +agua) sea inferior al volumen de poros, lo que, significa que la pasta se ubica dentro de los vacíos del mortero, caso contrario se debe realizar una corrección (Tabla 7).

$$\text{Volumen de poros de la arena} = \text{Volmen conjunto} - V \text{ relativo arena} \quad (8)$$

$$V_{\text{pasta}} = V \text{ relativo del cemento} + V \text{ agua} \quad (9)$$

$$\text{Volumen relativo} = \frac{\text{Peso}}{D \text{ relativa}} = V \text{ conjunto} \times \frac{D \text{ relativa}}{D \text{ conjunto}} \quad (10)$$

Donde, D conjunto es el peso específico del material, D relativa es el peso unitario del material, el volumen conjunto del material.

Tabla 7. Datos Técnicos de los materiales utilizados para la producción de mortero

Material	Peso unitario (kg/m ³) Densidad relativa	Peso específico kg/m ³ Densidad en conjunto
Cemento	1400	3150
Arena	1606.71	2599.64
Filler calizo	1664.92	2518.73
Agua	1000	1000

Con la información básica respecto al peso unitario y peso específico de los materiales se ha estimado el volumen de poros y el volumen de pasta, verificando que, la proporción estimada es adecuada. Ejemplo para la dosificación 1:3 de cemento: arena (Tabla 8 y Tabla 9).

$$\text{Volumen relativo de arena} = 1 \times \frac{1606.71}{2599.64} = 0.618 \quad (11)$$

$$\text{Volumen de poros de la arena} = 1 - 0.618 = 0.382 \quad (12)$$

$$\text{Volumen relativo de cemento} = 0.33 \times \frac{1400}{3150} = 0.148 \quad (13)$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.167 \quad (14)$$

$$\text{Vpasta} = 0.148 + 0.167 = 0.315 \quad (15)$$

$$\text{Entonces: Vpasta} < \text{Vporos} = 0.315 < 0.382 \text{ (ok)} \quad (16)$$

Tabla 8. Verificación del volumen de pasta y poros del mortero con arena

Proporción cemento: arena	V relativo cemento	Vagua	V pasta	Volumen de poros	V pasta < V poros
1:3	0.148	0.167	0.315	0.382	Correcto
1:4	0.111	0.125	0.236	0.382	Correcto
1:5	0.089	0.100	0.189	0.382	Correcto
1:6	0.074	0.083	0.157	0.382	Correcto

Tabla 9. Verificación del volumen de pasta y poros del mortero con filler calizo

Proporción cemento: Filler calizo	V relativo cemento	Vagua	V pasta	Volumen de poros	V pasta < V poros
1:3	0.148	0.167	0.315	0.339	Correcto
1:4	0.111	0.125	0.236	0.339	Correcto
1:5	0.089	0.100	0.189	0.339	Correcto
1:6	0.074	0.083	0.157	0.339	Correcto

- (4) Finalmente, se procede a calcular la cantidad de materiales en peso, para ello se multiplica el volumen de cada material por el peso unitario de los componentes. Luego en el caso del cemento, se divide la cantidad de este componente en peso entre 42.5 kg (peso de una bolsa de cemento) para calcular el número de bolsas de cemento. Siendo así, los resultados finales son iguales a: (Tabla 10 y Tabla 11)

Tabla 10. Cantidad en peso y volumen de los materiales para la producción de 1 m³ de mortero cemento: arena con relación a/c 0.50

Proporción cemento: AF	Volumen (m ³)			Bls		Peso (Kg)	
	Cemento	Arena	Agua	Cemento	Cemento	Arena	Agua
1:3	0.33	1	0.167	10.98	466.67	1606.71	166.67
1:4	0.25	1	0.125	8.24	350.00	1606.71	125
1:5	0.20	1	0.100	6.59	280.00	1606.71	100.0
1:6	0.17	1	0.083	5.49	233.33	1606.71	83.3

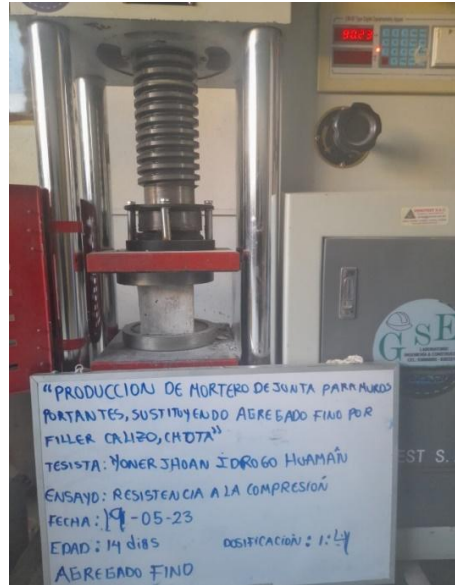
Tabla 11. Cantidad en peso y volumen de los materiales para la producción de 1 m³ de mortero cemento: filler calizo con relación a/c 0.50

Proporción cemento: AF	Volumen (m ³)			Bls		Peso (Kg)	
	Cemento	Filler	Agua	Cemento	Cemento	Filler	Agua
1:3	0.33	1	0.167	10.98	466.67	1664.92	166.67
1:4	0.25	1	0.125	8.24	350.00	1664.92	125
1:5	0.20	1	0.100	6.59	280.00	1664.92	100.0
1:6	0.17	1	0.083	5.49	233.33	1664.92	83.3

Se elaboraron seis cubos por cada dosificación (1:3, 1:4, 1:5 y 1:6 cemento: agregado fino) para tiempos de curado de 7, 14 y 28 días, dando un total de 144 cubos de mortero. Para ello se utilizó un molde de 5x5 para elaborar 24 cubos de 10 cm de lado a la vez. Los cubos de mortero fueron curados con agua potable en un tanque de almacenamiento a temperatura controlada de 23°C ± 2°C de acuerdo con la NTP 339.183 (INACAL, 2021).

Ensayos de resistencia a compresión. Se ha realizado conforme a la NTP 334.051

(INACAL, 2022) en el laboratorio GSE de la ciudad de Chota. Lugar al que, se trasladaron los cubos de mortero de mortero cemento: arena y cemento: filler calizo 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6 a una edad de 7, 14 y 28 días, respectivamente, para la rotura de las probetas. Las probetas se pesaron, midieron y luego colocaron en la máquina de compresión hasta que presentaron rotura, registrando la carga máxima para determinar la resistencia a compresión del cubo de mortero (Figura 3).



Adhesión por tracción directa con testigos de ladrillos cruzados efectuado en máquina de compresión - Norma: ASTM C952-12 (2018). Se realizó conforme a la norma ASTM C952-12 (2018) en el laboratorio GSE de la ciudad de Chota, teniendo como muestra a testigos de ladrillos King Kong de

18 huecos cruzados unidos con mortero cemento: arena y cemento: filler calizo en las dosificaciones 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6, para ser sometidos a corte en la máquina de compresión a los 14 días de curado (Figura 4).



Figura 4 Espécimen de ladrillos cruzados sometido a ensayo de adherencia

Ensayos de albañilería. Para los ensayos en albañilería se construyeron 12 pilas y 12 muretes con ladrillo King Kong de 18 huecos unidos con mortero de cemento: agregado fino (ya sea arena o filler calizo) utilizando las dosificaciones 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6. Las pilas y muretes se cubrieron con bolsas de plástico durante 48 horas después del proceso de asentado, luego se sacaron de las mismas y se sometieron a curado continuo con agua potable, hasta

completar la edad de 21 días, que fue cuando se midieron pesaron y se ensayaron. Las pilas se sometieron al ensayo de compresión axial según los lineamientos de la NTP 399.605 (INACAL, 2018), adaptando para el ensayo la máquina de compresión axial en el laboratorio GSE de la ciudad de Chota. Mientras que, los muretes se sometieron al ensayo de corte diagonal según los lineamientos de la NTP 399.621 (INACAL, 2015). (Figura 5)



Figura 5 Ensayo en pilas y muretes de albañilería asentados con mortero cemento: arena o cemento: filler calizo según dosificación adecuada

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva, organizando los resultados obtenidos de los ensayos en tablas y figuras que permitieron visualizar el comportamiento del mortero en cada una de las dosificaciones evaluadas. Para ello, se

utilizó una hoja de cálculo en Microsoft Excel, donde se agruparon los valores calculando promedios y rangos, a fin de comparar el mortero elaborado con filler calizo respecto al mortero convencional con arena.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades del agregado fino natural (arena) y reciclado (filler calizo)

La arena y el filler calizo, presentan granulometría fuera del huso establecido para concreto según la NTP 400.037 (INACAL, 2021), por lo que no son recomendables para este uso sin una verificación previa; no obstante, su distribución granulométrica sí se ajusta al rango requerido para mortero, lo que los hace aptos para su aplicación en mezclas de este tipo. La arena de Conchán y el filler calizo de Curva

Grande comparten el mismo contenido de humedad (16.39%), pero difieren en textura, absorción y peso; el filler presenta mayor absorción de agua (3.72%) y mejor capacidad de compactación (1664.92 kg/m³), sin embargo, la arena tiene mayor peso específico y peso suelto. Ambos agregados cumplen con el módulo de finura requerido por la norma E.070 para mortero, aunque superan los límites de finos permitidos, por lo que fueron previamente tamizados (Tabla 12 y Figura 6).

Tabla 12. Propiedades físicas del agregado fino

Propiedades físicas	Arena	Filler
Humedad (%)	16.390	16.390
MF	2.233	2.207
Cantidad de material que pasa tamiz 200	6.150	11.473
Peso específico de masa (g/cm3)	2.600	2.519
Peso específico SSS (g/cm3)	2.623	2.612
Peso específico aparente (g/cm3)	2.661	2.778
Absorción (%)	0.883	3.723
Peso unitario suelto (kg/m3)	1459.663	1382.688
Peso unitario compactado (kg/m3)	1606.713	1664.920

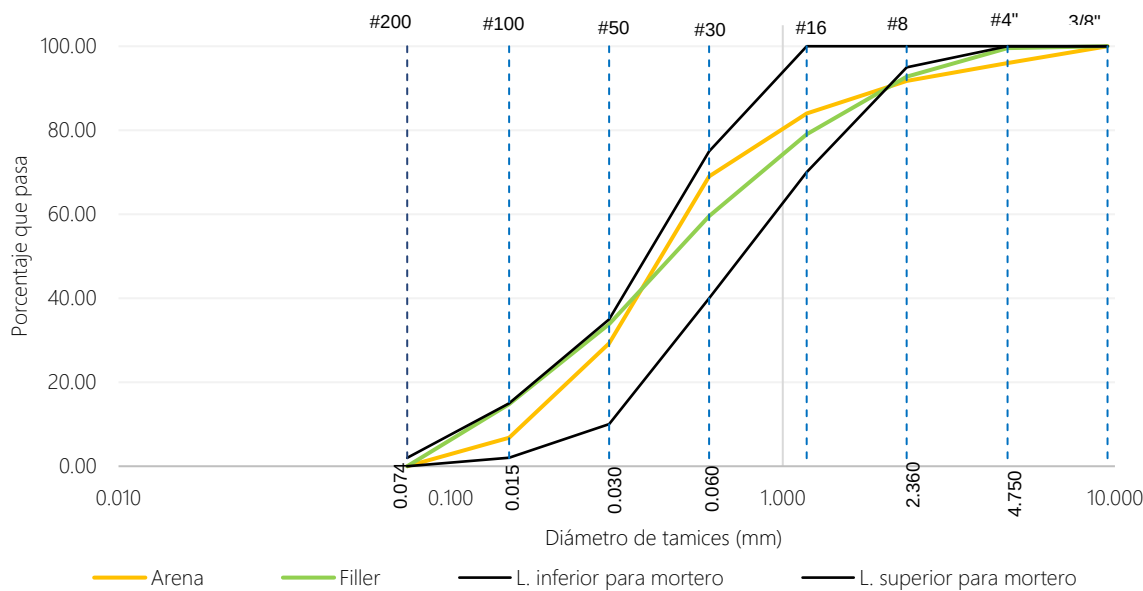


Figura 6. Huso granulométrico del agregado fino para mortero

La arena de la cantera Conchán y el filler calizo de la cantera Curva Grande presentan una humedad similar, aunque el filler calizo tiene mayor absorción de agua, lo que puede incrementar la demanda hídrica en la mezcla; sin embargo, esta se compensa por la humedad presente en ambos agregados. La arena tiene mayor peso específico de masa y saturado superficialmente seco, mientras que el filler calizo presenta mayor peso específico aparente y mayor peso unitario compactado. Ambos materiales no cumplen con el huso granulométrico para concreto según la NTP 400.037 (INACAL, 2021), pero sí se ajustan al módulo de finura y huso establecidos para mortero en la norma E.070 (MVCS, 2006). Estos hallazgos coinciden con Miller & Sigüenza (2023), quienes también reportaron mayor absorción del filler calizo frente a la arena, así como con los estudios de Baca (2019) y Reyes (2018), que relacionan el mayor peso específico aparente con una mayor presencia de vacíos.

Resistencia a compresión del mortero cemento: agregado fino natural o reciclado en unidad

El mortero elaborado con filler calizo mostró mayor resistencia a compresión que el mortero con arena en todas las dosificaciones evaluadas. A los 7 días, ambos tipos de mortero alcanzaron alrededor del 70% de su resistencia final, salvo la mezcla con arena en proporción 1:6, que solo llegó al 66.2%. A los 28 días, el mortero con filler calizo superó entre 117% y 126% la resistencia del mortero con arena, evidenciando que el reemplazo total del agregado fino natural por filler reciclado mejora significativamente la capacidad mecánica del mortero. La dosificación 1:3 de cemento con filler calizo fue la única que superó el requerimiento para mortero tipo S, alcanzando mayor resistencia que el mortero con arena. Aunque todas las mezclas cumplen como mortero tipo N, solo la dosificación 1:3 garantiza una resistencia adecuada para unir ladrillos King Kong tipo IV en muros portantes, según la norma E.070 (Tabla 13 y Figura 7).

Tabla 13. Resistencia a compresión de los morteros con arena o filler calizo

Mortero	Dosificación	Resistencia a compresión según tiempo de curado		
		7 días	14 días	28 días
Mortero de cemento: arena	1:3	79.11	98.82	107.69
	1:4	68.93	80.92	92.62
	1:5	55.42	66.35	73.16
	1:6	41.16	51.79	62.16
Mortero de cemento: filler calizo	1:3	97.69	114.49	127.73
	1:4	86.32	106.43	115.54
	1:5	63.68	79.25	85.84
	1:6	58.57	68.40	78.53

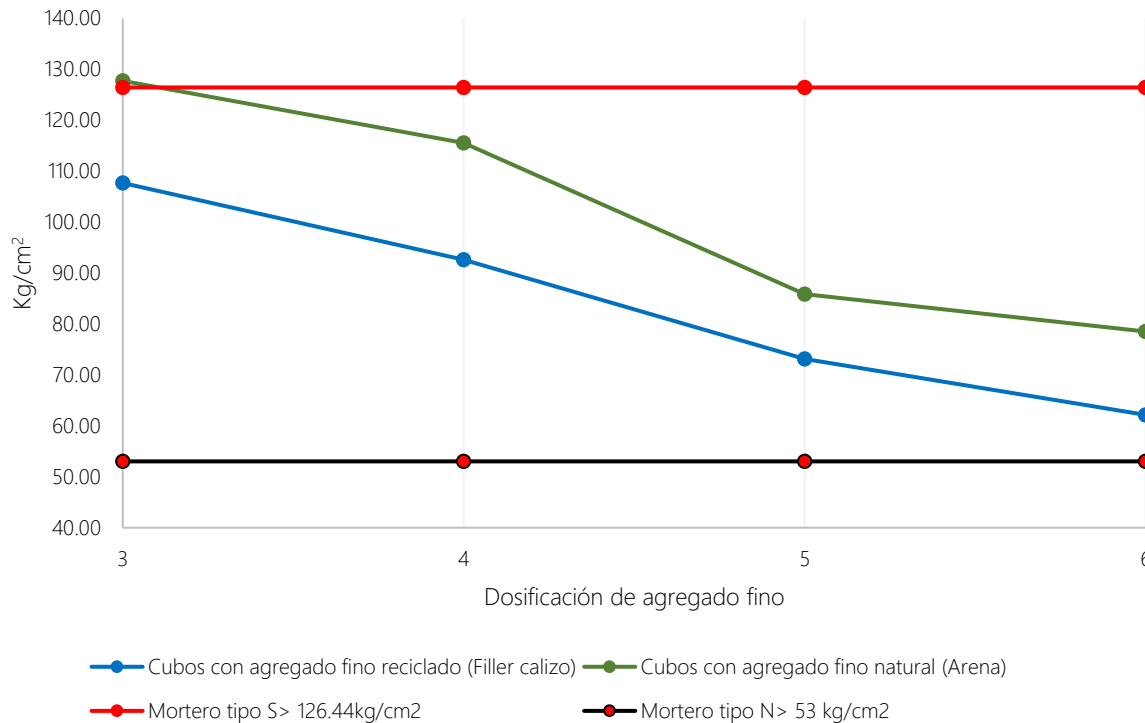


Figura 7. Tipo de mortero de acuerdo a su resistencia a compde acuerdo con 28 días
 Nota: Los límites de la norma NTP 399.610 (INACAL, 2018) para mortero tipo S y mortero tipo N están representados por la línea de color rojo y color negro, respectivamente.

A los 28 días, el mortero con arena de Conchán alcanzó resistencias de 107.69, 92.62, 73.16 y 62.16 kg/cm² para las dosificaciones 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6, superando en todos los casos el mínimo exigido para mortero tipo N (53.03 kg/cm²), pero sin llegar a clasificar como mortero tipo S (126.45 kg/cm²), según la NTP 399.610 (INACAL, 2018). En contraste, el mortero con filler calizo logró resistencias de 127.73, 115.54, 85.84 y 78.53 kg/cm² en las mismas dosificaciones, donde solo la mezcla 1:3 cumple con los requisitos para tipo S. Estos resultados demuestran que el mortero con filler calizo ofrece mejores propiedades mecánicas, especialmente debido a su mayor consistencia y mejor adherencia al cemento, al provenir de residuos de piedra

caliza. Hallazgos similares fueron reportados por Hamdadou et al. (2023), Khatib et al. (2023) y Moges & Pyo (2023), quienes destacaron la mayor resistencia a compresión de morteros con filler calizo frente a otros tipos de filler. Así, se concluye que el uso de filler calizo, particularmente en la dosificación 1:3, mejora notablemente el comportamiento mecánico del mortero, siendo recomendable para su uso en estructuras de albañilería.

Resistencia del mortero cemento: agregado fino natural o reciclado por adherencia a tracción

La adherencia del mortero es clave para su desempeño mecánico, aunque no existen normas peruanas específicas que la regulen; por ello, se aplicó la norma ASTM C952-12

(2018) para su evaluación. En este estudio, todas las dosificaciones mostraron resultados favorables, superando ampliamente los valores referenciales de estudios previos, incluso en proporciones altas de agregado fino. Se observó que el

mortero con filler calizo presenta mejor adherencia que el de arena en todas las dosificaciones, destacando la dosificación 1:3 como la más eficiente para garantizar una unión óptima entre ladrillos en muros portantes (Tabla 14).

Tabla 14. Adherencia por tracción directa del ladrillo – mortero con arena o filler calizo

Mortero	Dosificación agregado fino	Adherencia por tracción del ladrillo - mortero (kg/cm2)	
		Arena	Filler calizo
D1 (1:3)	3	47.51	55.50
D2 (1:4)	4	41.68	45.68
D3 (1:5)	5	33.82	43.23
D4 (1:6)	6	26.57	35.28

A los 14 días, el mortero elaborado con filler calizo mostró mayor capacidad de adherencia que el mortero con arena en todas las dosificaciones evaluadas (1:3, 1:4, 1:5 y 1:6), alcanzando resistencias de hasta 56.2 kg/cm² frente a los 48.5 kg/cm² del mortero con arena en la proporción 1:3. En ambos casos, se observó que al aumentar el volumen de agregado fino disminuye la capacidad de adherencia del mortero. La dosificación 1:3 cemento: agregado fino resultó ser la más efectiva para lograr mayor resistencia a tracción directa. Estos resultados coinciden con estudios previos de Baca (2019) y Reyes (2018), quienes también reportaron una mejora en la adherencia con el uso de filler calizo, así como con Logbi et al. (2023), quienes evidenciaron la reducción de esta propiedad al incrementar el contenido de árido fino en la mezcla.

Resistencia en albañilería asentada con mortero cemento: agregado fino natural o reciclado

La albañilería asentada con mortero de cemento y filler calizo mostró mejores propiedades mecánicas que aquella con mortero de arena, destacando especialmente en la dosificación 1:3, donde las pilas alcanzaron una resistencia axial de 96.40 kg/cm² frente a los 83.85 kg/cm² del mortero convencional; todas las dosificaciones con filler calizo desde 1:3 hasta 1:5 cumplieron con la resistencia mínima de 65 kg/cm² exigida por la norma E.070 (MVCS, 2006), mientras que, en el caso del mortero con arena, solo las dosificaciones 1:3 y 1:4 la superaron; sin embargo, las mezclas 1:6, tanto con arena como con filler, no alcanzaron el valor normado. Los muretes asentados con mortero de filler calizo mostraron mayor resistencia al corte diagonal que aquellos con mortero de arena en todas las dosificaciones, destacando la dosificación 1:3 con 19.51 kg/cm² frente a 14.50 kg/cm² del mortero convencional; ambas mezclas superan el mínimo normado de 8.10 kg/cm²

según la E.070 (MVCS, 2006), pero solo las dosificaciones 1:3 y 1:4 con ambos agregados, y 1:5 con filler calizo, cumplen con la norma; en cambio, las dosificaciones

1:5 con arena y 1:6 con ambos materiales no alcanzan la resistencia requerida (Tabla 15, Tabla 16, Figura 8 y Figura 9).

Tabla 15. Resistencia en pilas de albañilería asentada con mortero de cemento: arena o filler calizo

Pilas de mortero de cemento: agregado fino	Dosificación de mezcla			
	1:3	1:4	1:5	1:6
Mortero con agregado fino reciclado (Filler calizo)	96.40	85.22	73.20	58.41
Mortero con agregado fino natural (Arena)	83.85	70.22	55.50	38.74

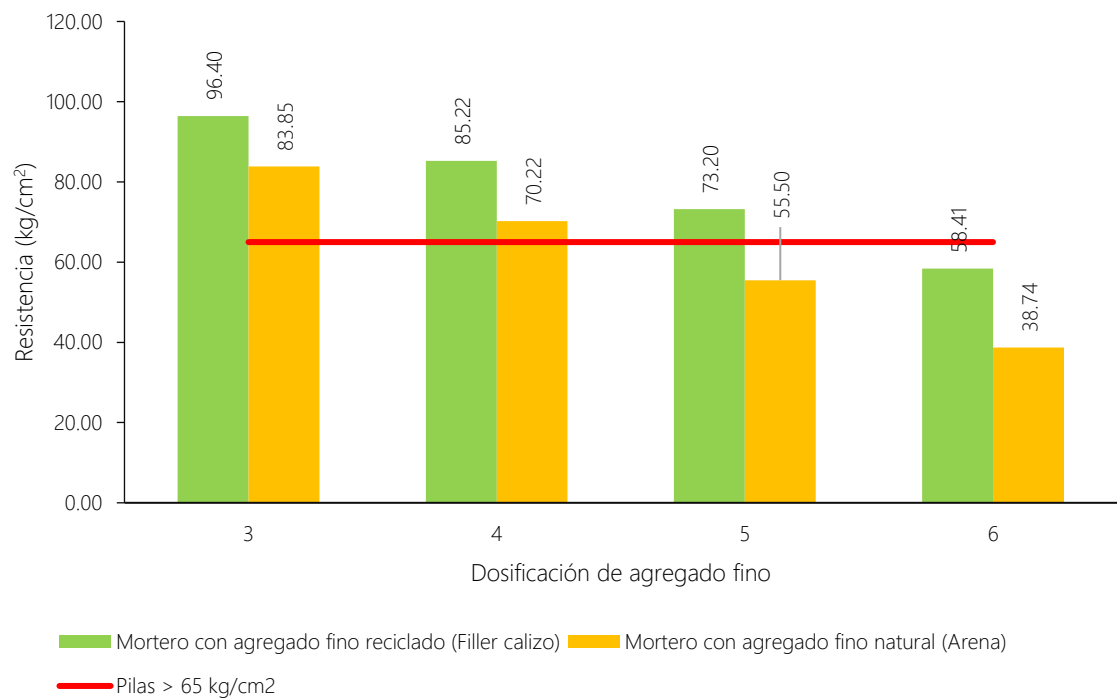


Figura 8. Resistencia a la compresión axial en albañilería asentada con mortero de cemento: arena o filler calizo

Tabla 16. Resistencia en muretes de albañilería asentada con mortero de cemento: arena o filler calizo

Pilas de mortero de cemento: agregado fino	Dosificación de mezcla			
	1:3	1:4	1:5	1:6
Mortero con agregado fino reciclado (Filler calizo)	19.51	14.80	8.74	5.28
Mortero con agregado fino natural (Arena)	14.50	9.60	5.13	4.47

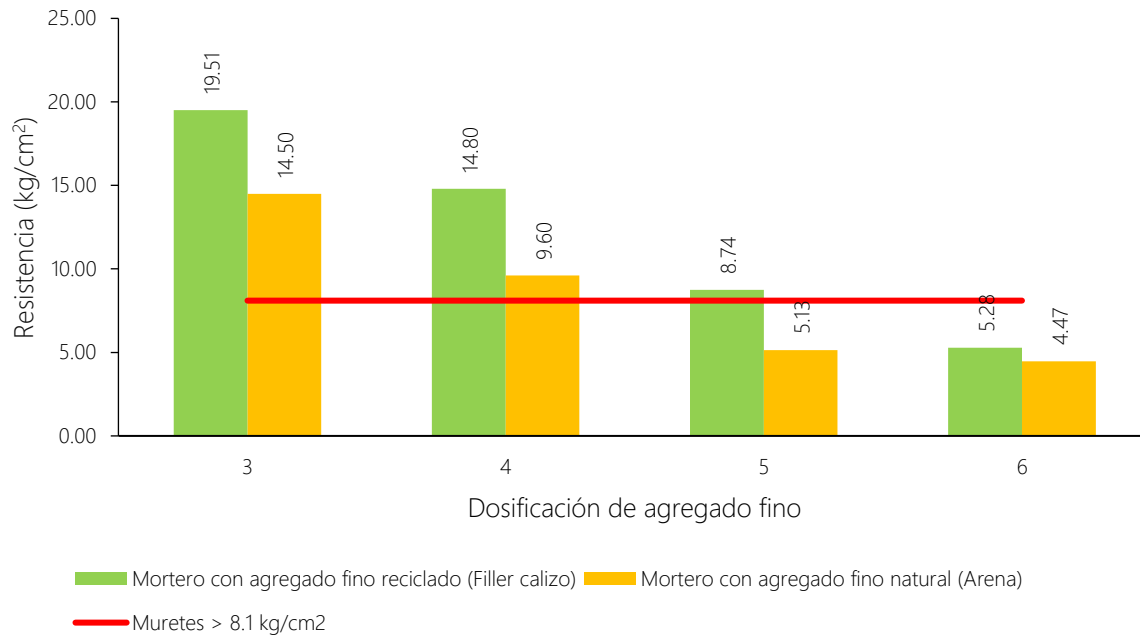


Figura 9. Resistencia al corte diagonal en albañilería asentada con mortero de cemento: arena o filler calizo

El mortero de cemento con filler calizo mostró mayor capacidad mecánica en comparación con el mortero de cemento con arena en el asentado de albañilería con ladrillos King Kong de 18 huecos, alcanzando en la dosificación 1:3 resistencias de 96.40 kg/cm² a compresión axial y 19.51 kg/cm² al corte diagonal, frente a 83.85 kg/cm² y 14.50 kg/cm² respectivamente del mortero con arena, cumpliendo ambos con los mínimos establecidos en la norma E.070. Las dosificaciones 1:4 de ambos tipos de mortero también cumplieron con la normativa, mientras que solo el mortero 1:5 con filler calizo superó los requisitos para uso en muros portantes. Resultados similares fueron determinados por Irigoín (2022), Khatib et al. (2023), El Machi et al.

(2021), Srivastava & Singh (2020), Madhav et al. (2018) y Hamdadou et al. (2023), quienes destacan que el uso de compuestos reciclados como el filler calizo mejora significativamente la resistencia del mortero. Además de su mayor capacidad a compresión y corte, el mortero con filler calizo también presentó mejor adherencia, lo que refuerza su eficacia para unir ladrillos y resistir esfuerzos de tracción.

CONCLUSIONES

La arena de Conchán y el filler calizo de Curva Grande cumplen con los requisitos granulométricos y de módulo de finura para mortero; el filler muestra mayor compactación y peso específico aparente, lo que evidencia su mejor capacidad de densificación.

La dosificación 1:3 proporciona los mejores resultados, registrando resistencia de 107.69 kg/cm² para el mortero con arena, y 127.73 kg/cm² para el mortero con filler calizo, siendo este último el único que cumple con los parámetros exigidos para mortero tipo S.

Los morteros de arena y filler calizo presentan buena adherencia en todas las dosificaciones, superando ampliamente el mínimo exigido por la norma ASTM C952-12 (2018); sin embargo, el mortero con filler calizo muestra desempeño superior, alcanzando valores de adherencia entre 36.6 y 55.5 kg/cm², frente a los 27.8 a 48.5 kg/cm² del mortero con arena.

En muros de albañilería, tanto las pilas como los muretes con mortero de filler calizo muestran mejor comportamiento estructural que los de arena, entre tanto, ambos cumplen con los límites mínimos de resistencia establecidos por la norma E.070 en las dosificaciones 1:3 y 1:4.

Financiamiento

"Los autores no recibieron financiamiento o patrocinio para ejecutar el trabajo de investigación"

Conflicto de intereses

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aceros Arequipa. (2019). *Construye seguro: Manual del maestro constructor*. Obtenido de Aceros Arequipa: <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/materiales-de-construccion/piedra-chancada.html>

Arulmoly, B., & Konthesingha, C. (2021). Pertinence of alternative fine aggregates for concrete and mortar: a brief review on river sand substitutions. *Australian Journal of Civil Engineering*, 1(2), 1-36. doi:<https://doi.org/10.1080/14488353.2021.1971596>

ASTM C952-12. (2018). *Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units (Withdrawn 2018)*. American Society for Testing and Materials (ASTM). Obtenido de <https://www.astm.org/c0952-12.html>

Baca, N. (2019). *Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento Portland tipo Ip elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% producto de la explotación de la cantera de Cullpahuanca - Quiquijana Quispicanchi- Cusco*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3827>

Burga, J. (2022). *Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14142/204>

Carranza, J. E. (2021). *Resistencia de concreto $f'_c = 210$ kg/cm² con los agregados de las canteras de la provincia de Chota*,

- Cajamarca-2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
- Collazos, K., & Ruiz, R. (2019). *Diseño de ladrillo de confitillo y cemento como alternativa de construcción, Moyobamba, San Martín, 2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38940>
- El Machi, A., Mabroum, S., Taha, Y., Tagnit-Hamou, A., Benzaazoua, M., & Hakkou, R. (2021). Use of flint from phosphate mine waste rocks as an alternative aggregates for concrete. *Construction and Building Materials*, 271(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121886>
- Hamdadou, M. N., Bignonnet, F., Deboucha, W., Ranaivomanana, H., Leklou, N., & Arroudj, K. (2023). Hydration, mechanical and transfer properties of blended cement pastes and mortars prepared with recycled powder or limestone filler. *Journal of Building Engineering*, 78(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107541>
- INACAL. (25 de diciembre de 2015). NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (28 de diciembre de 2018). NTP 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (05 de septiembre de 2018). NTP 399.610. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Especificación normalizada para morteros, 2ª ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (18 de febrero de 2020). NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (15 de noviembre de 2021). NTP 339.183 CONCRETO. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (2021). NTP 339.185 AGREGADOS. *Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). NTP 400.012 AGREGADOS. *Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2021). NTP 400.022 AGREGADOS. *Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 4a Ed.* Instituto Nacional de la Calidad (INACAL).

- INACAL. (2021). *NTP 400.037 AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Ed.* Instituto Nacional de Calidad.
- INACAL. (24 de marzo de 2022). NTP 334.051 CEMENTOS. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. Método de ensayo. 7ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*, págs. 1-10. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- Irigoin, R. L. (2022). *Evaluación del mortero de albañilería reemplazando parcialmente arena por residuos de ladrillos del caserío El Frutillo, Bambamarca, 2019*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Khatib, J., Ramadan, R., Ghanem, H., & ElKordi, A. (2023). Effect of using limestone fines on the chemical shrinkage of pastes and mortars. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 25287-25298. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-022-18496-5>
- Logbi, A., Mani, M., Choungara, T., & Kriker, A. (2023). Comparative study of the effect of crushed dune sand and limestone fillers on mortar properties in aggressive environment. *World Journal of Engineering*, 20(1), 85-92. doi:<https://doi.org/10.1108/WJE-09-2020-0437>
- Madhav, T. V., Reddy, I. R., Ghorpade, V. G., & Jyothirmmai, S. (2018). Compressivestrength study of geopolymers mortar using quarry rock dust. *Materials Letters*, 231(1), 105-108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.07.133>
- Maury-Ramírez, A., Illera-Perozo, D., & Mesa, J. A. (2022). Circular Economy in the Construction Sector: A Case Study of Santiago de Cali (Colombia). *Sustainability*, 14(3), 1923-1930. doi:<https://doi.org/10.3390/su14031923>
- Moges, K. A., & Pyo, S. (2023). Effect of high replacement ratio of lime mud as a filler on mechanical and hydration properties of high-strength mortar. *Construction and Building Materials*, 392(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131974>
- MVCS. (2006). Norma E.070 "Albañilería". En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-15). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). Obtenido de https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_070.pdf
- Paes, A. L., Alexandre, J., Xavier, G. D., Monteiro, S. N., & de Azevedo, A. R. (2022). Feasibility Analysis of Mortar Development with Ornamental Rock Waste for Coating Application by Mechanized Projection. *Sustainability*, 14(9), 1-10.

- doi:<https://doi.org/10.3390/su14095101>
- Reyes, C. H. (2018). *Estudio comparativo del mortero de adherencia convencional y el mortero embolsado para la elaboración de muros de albañilería, Lima-2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24913>
- Rodríguez, A. (28 de diciembre de 2018). *MORTEROS Lección 3: DOSIFICACIÓN de morteros en VOLUMEN*. Obtenido de Materiales de construcción: <https://www.youtube.com/watch?v=59zVEXeOxrk>
- Senamhi. (agosto de 5 de 2023). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Estación Chota ubicada en las coordenadas Latitud 6°33'14.58", Longitud 78°40'33.15", a 2261 msnm*. Obtenido de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi): <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Srivastava, A., & Singh, S. K. (2020). Utilization of alternative sand for preparation of sustainable mortar: A review. *Journal of Cleaner Production*, 253(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119706>
- Tenorio, J. L., & Acosto, S. A. (2022). *Estudio comparativo de las propiedades del concreto (cemento-arena): con arena de cantera fluvial-comunidad Astoria y con arena de cantera cuarzosa-*

comunidad Varillal en la ciudad de Iquitos. [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1755>

Contribución de autoría

1. Yoner Jhoan Idrogo Huamán: Concepción y elaboración del manuscrito: Primer autor.
2. Claudia Emilia Benavidez Nuñez: Análisis de datos: Segundo autor.

Recibido: 2-06-2025 Aceptado: 7-08-2025 Publicado: 8-08-2025