

Evaluation of the quality of the Casa Blanca deposit sandstones, by petrography and granulometry, Cajamarca – 2024

Jhan Carlos Salazar Abanto¹; Katerine Rodriguez²; Kevin Jheison Torrel Salazar³; Shonel Cáceres, Ing⁴
^{1,2,3,4}Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00301828@upn.pe, N00265059@upn.pe,
N00269382@upn.pe ; Shonel.caceres@upn.edu.pe

Abstract– The objective of this investigation is to evaluate the quality of the sandstones from the Casa Blanca deposit for use in the construction industry, using petrographic and granulometric analysis. To date, no previous studies have been conducted in this area, which has resulted in the selection of low-quality materials, generating durability problems in the built structures. The petrographic results revealed that the sandstones contain quartz as the dominant mineral (>70%), followed by feldspars (~12-13%), biotite (~9-12%), and hematite (~3-4%), indicating good mineralogical stability. The granulometric analysis showed that the material has an adequate composition, with 66.40% sand, 14.86% gravel, and 18.74% fines, classifying it as a low-compressibility sand with high quality for construction. Furthermore, geophysical studies confirmed a depth of 105 meters in the sandstone bank, with fractures at several points that must be considered in extraction techniques. The results indicate that responsible exploitation of this resource can significantly contribute to the development of the local construction industry, ensuring reliable materials, generating employment, and promoting sustainable infrastructure.

Keywords-- Sandstones, petrography, crystallography, material quality, construction.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Evaluación de la calidad de las areniscas del yacimiento de Casa Blanca, mediante petrografía y granulometría, Cajamarca – 2024

Jhan Carlos Salazar Abanto¹; Katerine Rodriguez²; Kevin Jheison Torrel Salazar³; Shonel Cáceres, Ing⁴
^{1,2,3,4}Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00301828@upn.pe, N00265059@upn.pe, N00269382@upn.pe ; Shonel.caceres@upn.edu.pe

Resumen– El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad de las areniscas del yacimiento de Casa Blanca para su uso en la industria de la construcción, mediante análisis petrográficos y granulométricos. A la fecha, no se han realizado estudios previos en esta zona, lo que ha resultado en la selección de materiales de baja calidad, generando problemas de durabilidad en las estructuras construidas. Los resultados petrográficos revelaron que las areniscas contienen cuarzo como mineral dominante (>70%), seguido de feldespatos (~12-13%), biotita (~9-12%) y hematita (~3-4%), lo que indica una buena estabilidad mineralógica. El análisis granulométrico mostró que el material tiene una composición adecuada, con un 66.40% de arena, 14.86% de grava y 18.74% de finos, clasificándola como una arena de baja compresibilidad con alta calidad para construcción. Además, los estudios geofísicos confirmaron una profundidad de 105 metros en el banco de arenisca, con fracturas en varios puntos que deben ser consideradas en las técnicas de extracción. Los resultados indican que la explotación responsable de este recurso puede contribuir significativamente al desarrollo de la industria de la construcción local, garantizando materiales confiables, generando empleo y promoviendo la sostenibilidad de las infraestructuras.

Palabras clave: Areniscas, petrografía, cristalografía, calidad de material, construcción.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios petrográficos y granulométricos antes de la explotación de un yacimiento no metálico es crucial no solo a nivel global, sino también en el contexto nacional y local, para garantizar que los materiales extraídos sean adecuados para su uso en el ámbito de la construcción. Estos estudios ofrecen información valiosa sobre la composición mineralógica y las propiedades estructurales de las rocas [1], lo que tiene un impacto directo en la calidad, seguridad y durabilidad de las obras de construcción.

El Perú es un país con una gran diversidad y riqueza geológica, la minería no metálica representa una parte significativa de la producción minera nacional. Según la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en 2022, la producción de materiales no metálicos alcanzó aproximadamente 65.1 millones de toneladas métricas, representando un incremento del 11.6 % en comparación al año anterior [2].

En la Tabla 1, se muestra un listado de los recursos minerales no metálicos que se extraen en el Perú [3].

TABLA 1
RECURSOS MINERALES NO METÁLICOS
QUE SE EXTRAEN EN EL PERÚ

Nº	PRODUCTO	Nº	PRODUCTO
01	Andalucita	18	Fosfatos
02	Andesita	19	Granito
03	Aragonito	20	Granodiorita ornamental
04	Arcillas	21	Hormigón
05	Arena (gruesa / fina)	22	Mármol
06	Arenisca / cuarcita	23	Piedra (construcción)
07	Baritina	24	Piedra laja
08	Bentonita	25	Pirofilita
09	Boratos / Ulexita	26	Pizarra
10	Calcita	27	Puzolana
11	Caliza / Dolomita	28	Uléxita
12	Caolín	29	Yeso
13	Conchuelas	30	Ónix
14	Cuarcita	31	Sílice
15	Diatomitas	32	Talco
16	Dolomita	33	Travertino
17	Feldespatos	34	Sal

La región Cajamarca también cuenta con un importante potencial en recursos minerales no metálicos, destacando la presencia de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso [4]. Las cuales son de alta calidad para ser utilizadas en la construcción.

Por ejemplo, una de las áreas clave es el yacimiento de Casa Blanca, donde las areniscas presentan características que las posicionan como un recurso potencial para su uso en la industria de la construcción. El problema central en este sector es que no se contempla el realizar los estudios petrográficos y granulométricos durante la búsqueda de zonas que dispongan de materiales para la construcción, quizás la principal causa es el desconocimiento de que estos estudios son de gran importancia para garantizar la calidad y durabilidad en los materiales seleccionados.

Esta situación impacta negativamente en la elección del material idóneo en cualquier obra de ingeniería, lo que a su vez trae consigo la ejecución de obras de poca duración con bajos estándares de durabilidad y resistencia en las estructuras, incrementando los riesgos de fallas prematuras y los costos asociados al mantenimiento o reparación de estas.

Entender la gran responsabilidad que esto conlleva es muy importante, puesto que, por querer ahorrarse los análisis o estudios

necesarios, se puede estar atentando contra la seguridad e integridad de los usuarios y/o beneficiarios.

Por lo anterior, una evaluación petrográfica y cristalográfica antes de pasar a la etapa de la explotación de un yacimiento no metálico evitaría toda esta problemática, por el hecho de que se frenaría el uso de materiales con propiedades indeseables, como la presencia de minerales expansivos, que pueden comprometer la estabilidad de las infraestructuras. Esto no solo reduciría los costos asociados a fallas estructurales, sino que también minimiza el impacto ambiental asociado con la explotación innecesaria de materiales [5].

Estudios como los realizados en las areniscas de la Formación Los Ranqueles en Argentina y el Yacimiento Castellano en Cuba han demostrado que una adecuada caracterización geológica y físico-mecánica permite optimizar el uso de estos materiales en la construcción [6] [7]. De manera similar, las areniscas del yacimiento de Casa Blanca pueden ser valoradas mediante un enfoque científico que considere su calidad y su impacto económico.

En la Tabla 2, se muestra un comparativo de situación con y sin estudios petrográficos y cristalográficos.

TABLA 2
COMPARATIVO DE UNA SITUACIÓN CON Y SIN ESTUDIOS
PETROGRÁFICOS Y CRISTALOGRAFICOS

	CON ESTUDIOS	SIN ESTUDIOS
Calidad del Material	Selección precisa de los mejores materiales para construcción.	Uso de materiales de menor calidad, que pueden comprometer la estabilidad de las infraestructuras.
Seguridad	Reducción de riesgos de fallas estructurales debido a un uso adecuado de los materiales.	Riesgo elevado de fallas estructurales, lo que puede ocasionar daños económicos y humanos.
Sostenibilidad	Explotación eficiente de los recursos, garantizando su disponibilidad para futuras generaciones.	Explotación ineficiente de los recursos, generando un mayor impacto ambiental.
Costo	Optimización de recursos y reducción de costos de mantenimiento a largo plazo.	Aumento en los costos debido a la necesidad de reparaciones frecuentes y la reducción de la vida útil de las estructuras.

El presente estudio tiene como objetivo principal realizar una evaluación petrográfica y cristalográfica de las areniscas del yacimiento de Casa Blanca. Esto incluye el análisis de sus propiedades macroscópicas y microscópicas, así como la identificación de sus características más relevantes para determinar su idoneidad como recurso en la industria de la construcción. Los resultados obtenidos no solo contribuirán a mejorar el conocimiento sobre este yacimiento, sino que también fomentarán un aprovechamiento más eficiente y sostenible de los recursos no metálicos en la región.

Finalmente, este trabajo busca no solo contribuir al conocimiento geológico del yacimiento de Casa Blanca, sino también promover un manejo sostenible de los recursos no metálicos en la región de Cajamarca. Al garantizar un control de calidad en los materiales utilizados, se espera optimizar su aprovechamiento económico, reducir impactos ambientales y generar beneficios sociales para las comunidades locales [7].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

En cuanto a las herramientas utilizadas en campo, se emplearon un protactor (para medición de ángulos), escalímetro (para medición de escalas en mapas) y libreta geológica (para anotaciones). Como equipo geológico de campo se utilizó una brújula Brunton, modelo 72-140, con una precisión de $\pm 1^\circ$, para la toma de orientación; una picota para la extracción de muestras; un GPS Garmin GPSMAP 67i, con precisión de hasta 1-3 metros, para la localización precisa de las muestras; un flexómetro para medición de distancias; un lápiz rayador, y lupas Iwamoto de 10x y 20x para el análisis visual de las muestras. Además, bolsas plásticas para recolectar muestras representativas y un resistímetro modelo PQWT-S500, el cual permite medir la resistividad eléctrica del terreno y determinar la profundidad del banco de areniscas. La calibración del resistímetro se realizó según las recomendaciones del fabricante antes de su uso en campo. Finalmente, se utilizó una cámara fotográfica para documentar las muestras.

En las actividades de laboratorio se emplearon tamices para la clasificación granulométrica de las muestras, una balanza electrónica Ohaus Scout, con una precisión de 0.01 g, para el pesaje exacto de las muestras; un horno de secado Thermo Scientific Heraeus, con un rango de temperatura de 50 °C a 250 °C, para la eliminación de la humedad; bandejas y brochas para la manipulación de las muestras; espátulas para la preparación de las muestras para el análisis; y taras para determinar el peso neto de las muestras. También se utilizó equipo de protección personal (EPP). Para el análisis petrográfico, se emplearon un Microscopio Estereoscopio Universal y un Microscopio Petrográfico modelo OPTIKA B-510POL-I, con cámara integrada de 4K/8 MP, para realizar observaciones detalladas de las muestras. El procesamiento y análisis de los datos se realizaron con una computadora portátil equipada con los softwares Geocadmin, Google Earth Pro y ArcGIS para la interpretación geoespacial y el análisis de datos geológicos.

B. Métodos

El trabajo se desarrolló en cuatro etapas:

Trabajos de gabinete: En esta etapa, se revisó y recopiló toda la información bibliográfica referente al tema: evaluación petrográfica y cristalográfica en las areniscas, así como una descripción del lugar de estudio. Inicialmente, se revisaron 24

artículos académicos, de los cuales se preseleccionaron 19 basándonos en su relevancia geológica, metodología y actualidad. Finalmente, se seleccionaron 9 artículos que estaban más relacionados con la caracterización de areniscas similares a las del área de estudio. Luego, se interpretaron las fotos satelitales y se elaboró un mapa geológico preliminar.

Trabajo de campo: Durante esta etapa, se verificó la información obtenida previamente en el trabajo de gabinete. Se trabajó con la carta geológica 15g, que cubre un área de 310,115 hectáreas, perteneciente al cuadrángulo 15g – San Marcos – Cajamarca. Esto nos permitió conocer más a fondo la zona de estudio, identificando fallas, afloramientos y la topografía del lugar. Esta información fue crucial para realizar un mapeo detallado. También se utilizó un resistivímetro como se observa en la Fig. 1, el cual nos permitió conocer la profundidad que tiene el banco de arenisca.



Figura N° 1: Sección a través de un Sondeo Eléctrico Vertical realizado para identificar la profundidad del banco de arenisca. A la izquierda, la línea de sección. A la derecha, uno de los dos electrodos usados para inyectar corriente. (N 9205005 E 798807 – N 9205035 E 798839).

El tipo de muestreo elegido fue Rock Chip, muestreando hasta un radio de 3 metros a la redonda [8]. El muestreo se llevó a cabo en dos etapas tal cual se observa en Fig. 2 y se detalla en la Tabla 3. En la primera, se seleccionaron 3 puntos en toda la zona que se puede apreciar en el Fig. 3, recolectando un total de 6 muestras: 3 de superficie y 3 del subsuelo. En la segunda etapa, se muestrearon 5 sectores, obteniendo 10 muestras en total, compuestas por 5 muestras de mano y 5 para análisis.



Figura N° 2: Puntos de muestreo en la zona de estudio.

TABLA 3
REGISTRO DE MUESTREO Y TOMA DE MUESTRAS

Muestreo	Código	Norte	Este	Cota
01	CB-01	9204941	798721	3145
	MM-CB-01	9204948	798739	3149
02	CB-02	9205016	798816	3189
	MM-CB-02	9205010	798808	3184
03	CB-03	9205079	798873	3220
	MM-CB-03	9205059	798890	3211
04	CB-04	9205056	798588	3185
	MM-CB-04	9205072	798567	3197
05	CB-5	9205112	798424	3193
	MM-CB-05	9205122	798403	3200
06	SUP-CB-06	9204988	798699	3156
	SUB-CB-06			
	SUP-CB-07	9205088	798505	3191
	SUB-CB-07			
	SUP-CB-08	9205179	798936	3264
	SUB-CB-08			

Nota: Se observan todas las muestras tomadas en campo mostradas anteriormente en la Fig. 2, a las cuales se les puso un código con el siguiente significado: CB (Muestra de 2kg), MM-CB (Muestra de mano), SUP-CB (Muestra de superficie), SUB-CB (Muestra de subsuperficie).

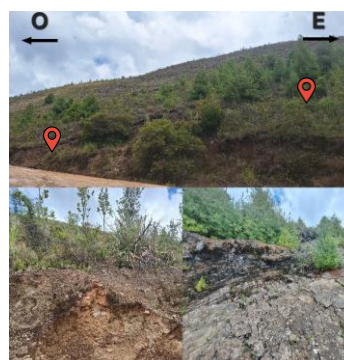


Figura N° 3: Mirando al Norte observamos el área de estudio de la cual se realizó la toma de puntos de muestreo, para los análisis mineralógicos y granulométricos. (O: Oeste, E: Este). En la parte inferior, se observa características de la zona de estudio en 2 puntos. Izquierda: material suelto. – Derecha: material rocoso.

Procedimientos en laboratorio: En el laboratorio se realizaron dos tipos de análisis principales: el estudio petrográfico y el estudio granulométrico, ambos con el objetivo de caracterizar la composición mineralógica y la textura de las muestras de arenisca. Todo el procedimiento se realizó en las instalaciones de la Universidad Privada del Norte.

Para el estudio petrográfico se seleccionaron 3 de las 5 muestras de mano recolectadas en campo, priorizando aquellas con menor grado de alteración. Estas muestras fueron cortadas y pulidas para la elaboración de láminas delgadas, siguiendo el protocolo estándar para observación microscópica. Las láminas se analizaron con un microscopio petrográfico en el laboratorio de Geología tal cual se observa en la Fig. 4, permitiendo determinar la proporción de cuarzo, tamaño y forma de los granos, así como la presencia de matriz, cemento y minerales accesorios o contaminantes.



Figura N° 4: Superior Izquierda: Muestras de Arenisca en laminas delgadas. Inferior Izquierda: Lamina delgada de Arenisca puesta en la platina del equipo. Derecha: Muestra en lámina siendo observada.

Paralelamente, se enviaron 11 muestras al laboratorio de Mineralogía, incluyendo 6 de superficie y subsuelo, y 5 muestras de 2 kg extraídas de distintos sectores para análisis. Estas muestras se observan en la Fig. 5.

A partir de estas últimas 5 muestras se procedió a obtener una muestra representativa compuesta. Para ello, se pesaron porciones iguales de 500g de cada muestra y se mezclaron homogéneamente. Luego, mediante el método de cuarteo manual (división en cuartos sucesivos sobre una superficie plana), se redujo progresivamente la cantidad hasta obtener una submuestra de aproximadamente 3000 g, manteniendo la representatividad del conjunto.

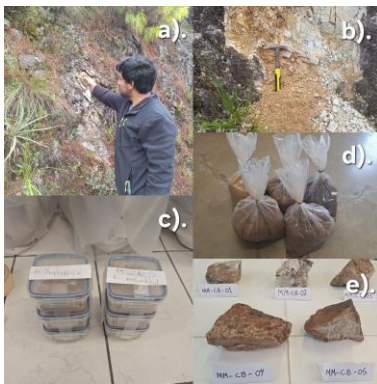


Figura N° 5: (a, b) toma de muestras en campo. (c) muestras de superficie y subsuperficie. (d) muestras de 2 kg. (e) muestras de mano.

Durante el análisis, se evaluaron macroscópicamente las muestras de mano, enfocándose en las principales características texturales de las rocas, las cuales se detallan en la Tabla 4 [9].

Tabla 4
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Grupo	Sedimento	Roca		Tamaño de grano
Ruditas	Gravas	Conglomerado		Mayor de 2 mm
	Clastos	Pudinga	Brecha	

Areniscas	Arenas	Arenisca	Entre 2 – 1/16 mm
Lutitas	Limos	Limonita	Entre 1/16 y 1/256 mm
	Arcillas	Argilita	Menor de 1/256 mm

Posteriormente, a partir de las muestras representativas previamente cuarteadas, se llevó a cabo el análisis granulométrico por tamizado seco, siguiendo el protocolo de la norma ASTM D422. Las muestras fueron secadas previamente, luego colocadas en una columna de tamices de malla estándar y agitadas mecánicamente durante 10 minutos como se puede observar en la Fig. 6. Se registró el peso retenido en cada tamiz para calcular la distribución porcentual del tamaño de grano y se plasmaron en la Tabla 6. Esto permitió caracterizar aspectos clave para determinar su aptitud para usos industriales.

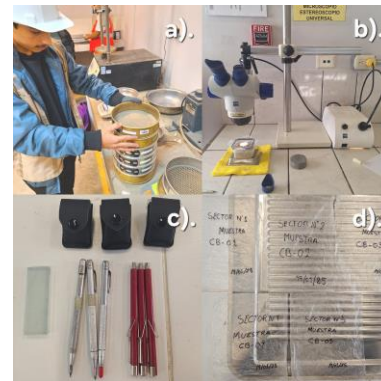


Figura N° 6: (a) tamices con aberturas (mallas) de diferentes tamaños. (b) microscopio Estereoscópico Universal. (c) lupas, porta objetos, lápiz rayador y magnetos. (d) bolsas plásticas para muestreo.

De acuerdo con Cañas, (n.d). El uso de tamices estandarizados es fundamental para evaluar la granulometría de las muestras de arena, ya que permiten la separación de partículas en función de su tamaño. Este proceso facilita el análisis de la distribución de granos, proporcionando una visión más precisa de las características físicas del material, lo que a su vez contribuye a determinar su calidad y potencial de uso [10].

En la siguiente Tabla 5 se muestran las fórmulas utilizadas para determinar los porcentajes de grava, finos y arena en suelos sedimentarios, de acuerdo con el manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 5
CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA DE SUELOS SEDIMENTARIOS

Fórmulas	
Gravas	% Gravas = 100 % - % Pasa Malla N° 4
Finos	% Finos = % Pasa Malla N° 200
Arenas	% Arena = 100 % - % Gravas - % Finos

Según Quiroga et al., (2015) El uso del microscopio Estereoscópico Universal resulta fundamental en la identificación de los contaminantes presentes en las muestras

de arena. Facilitan el análisis de los procesos y obteniendo una mejor visión [11].

Las muestras representativas recolectadas en campo deben ser las que tengan un menor grado de alteración. Cada muestra debe ser cortada en secciones pequeñas y adherida una lámina de vidrio como se observa en la Fig. 4. Luego, debe ser pulido hasta alcanzar un espesor de aproximadamente 30 micras, según el protocolo estándar para elaboración de láminas delgadas.

Una vez preparadas, las muestras deben ser analizadas con un microscopio óptico polarizador en luz transmitida. Para ello, se utilizaron aumentos de 10x, 40x y 100x para observar las texturas, tamaños de grano, contactos entre minerales, tipo de cemento y presencia de impurezas o minerales accesorios. Posteriormente, se clasificaron los minerales identificados.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zona de estudio se ubica en el Centro Poblado Casa Blanca, en el distrito de Namora, provincia de Cajamarca. La región se encuentra cerca de diversos centros poblados, incluyendo el Centro Poblado Quelluacocha. Se encuentra entre las coordenadas UTM (WGS 84-Zona 17S), tal cual se muestra la Fig. 7.

Norte: 9205058
 Este: 798687
 Altitud: 3215 m s.n.m.

El terreno es característicamente accidentado, con una altitud que varía de 3127 a 3284 m s.n.m. la cual proporciona un entorno geológico y geomorfológico diverso.



Figura N° 7: Ubicación geográfica de la zona de Casa Blanca – Cajamarca.

A. GEOLOGÍA

Regional

La geología regional de la zona de Cajamarca está dominada por formaciones rocosas del Cretácico, destacando la formación Chimú. Esta formación se caracteriza por una variedad de litologías, que incluyen areniscas, cuarcitas, lutitas

y niveles de carbón en su parte inferior [12]. Estas formaciones siliciclásticas se depositaron en ambientes marinos y fluviales, reflejando un complejo historial geológico influenciado por la actividad tectónica de la Cordillera de los Andes. Además, en la región se pueden observar materiales del Cuaternario, como gravas, arenas y arcillas, que resultan de procesos de erosión y sedimentación recientes.

Local

En el yacimiento no metálico de Casa Blanca, la geología local está marcada por la presencia de areniscas blanquecinas de la formación Chimú como se puede visualizar en la Fig. 8 y Fig. 9, que presentan una granulometría variable y una estructura sedimentaria bien definida. Estas areniscas, junto con las cuarcitas y lutitas, son fundamentales para evaluar la calidad del material en el yacimiento. Además, los depósitos del Cuaternario en esta área están compuestos por materiales derivados de procesos fluviales y aluviales, enriqueciendo la geología local y su potencial económico.

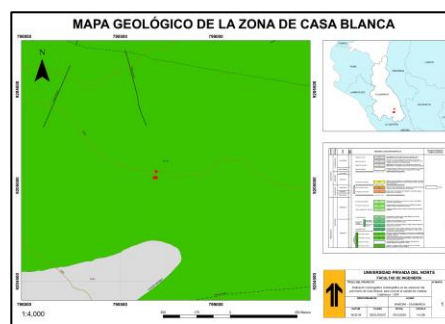


Figura N° 8: Mapa geológico del C.P casa blanca (2024). Observándose que la Formación Chimú tiene una mayor presencia con un 90%, mientras que el Depósito Cuaternario Aluvial tiene solo una presencia de un 10%.

Afloramiento de Areniscas Sedimentarias Cuarzosas



Figura N° 9: Se observó abundante arenisca. Con ayuda de la Tabla Munsell y la presencia de los colores blanquecinos se interpretó como Arena (Cuarzosa).

1. Petrografía y Cristalografía: En este estudio se realizó una caracterización microscópica [13] de manera más minuciosa. Se utilizó el Microscopio Petrográfico en el laboratorio de Geología, con el fin de evaluar la calidad.

Muestra MM-CB-01. Coordenadas UTM WGS 84 Norte 9204948 Este 798739 Cota 3149 msnm, Fig. 10.

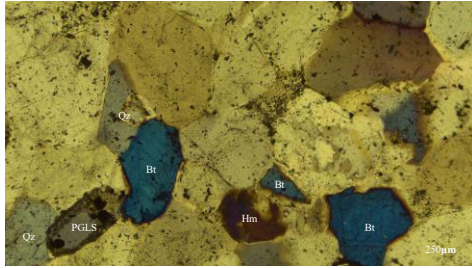


Figura N° 10. Muestra MM-CB-01

En la Fig. 10, se observa Qz-cuarzo (72%), PGLS-feldespatos (13%) y Bt-biotita (12%) en los intersticios, mientras que la Hm-hematita (~3%) se localiza en fracturas y bordes. El cuarzo muestra extinción ondulante y bordes irregulares por compactación. Los feldespatos presentan maclas polisintéticas y alteración leve. Los granos tienen baja a media esfericidad y pobre redondez, con algunos cristales de extinción recta a ligeramente ondulante.

Muestra MM-CB-02. Coordenadas UTM WGS 84 Norte 9205010 Este 798808 Cota 3184 msnm, Fig. 11.

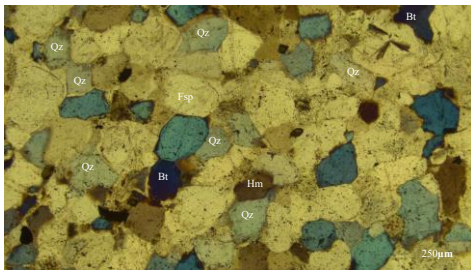


Figura N° 11. Muestra MM-CB-02

En la Fig. 11, el Qz-cuarzo (76%) es predominante, con Bt-biotita (~9%) intersticial y Fsp-feldespatos (~11%) con maclas bien definidas. La Hm-hematita (~4%) aparece en granos dispersos e inclusiones en feldespatos. El cuarzo tiene bordes angulosos a irregulares, con extinción en mosaico y ondulante. Los feldespatos presentan alteración incipiente con zonas turbias. Los granos tienen baja esfericidad y redondez moderada, con algunas fracturas rellenas de hematita.

Muestra MM-CB-03. Coordenadas UTM WGS 84 Norte 9205059 Este 798890 Cota 3211 msnm, Fig. 12.

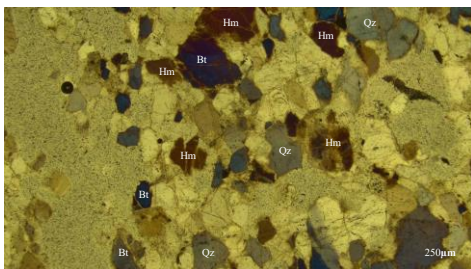


Figura N° 12. Muestra MM-CB-03

En la Fig. 12, el Qz-cuarzo (74%) es dominante, con bordes irregulares y extinción ondulante. La Bt-biotita (~10%) aparece en agregados alargados, con fuerte pleocroísmo y bordes corroídos. Los Fsp-feldespatos (~12%) presentan maclas polisintéticas y ligera alteración a caolinita. La Hm-hematita (~4%) se encuentra en pequeños agregados e impregnaciones en biotita. Los granos son de baja esfericidad y forma subangulosa, con algunos cristales de extinción recta a moderadamente ondulante, evidenciando presión tectónica.

A. Macroscopía: En el estudio de la zona de Casa Blanca, se identificó abundante arenisca con alto contenido de sílice. Para analizar su composición en detalle, se examinaron 5 muestras representativas recolectadas en campo, utilizando una lupa de 20x en el laboratorio de Mineralogía.

Rocas Sedimentarias Areniscas Cuarzosas

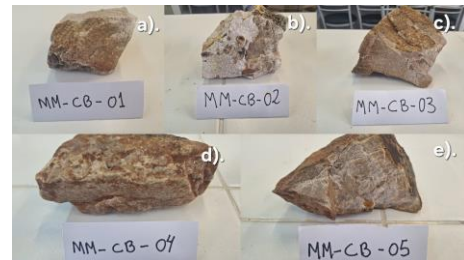


Figura N° 13: Se observan muestras de mano tomadas en campo. (a, b, c). textura homogénea y color claro, indicando un buen estado de conservación sin alteración superficial o química significativa. (d, e). coloración rojiza típica, con inclusiones que podrían ser contaminantes o posibles óxidos.

Desde una perspectiva técnica, las diferencias entre las capas superficiales y subsuperficiales indican que la capa superficial de la cantera debe ser retirada. Este enfoque es viable y está respaldado por normativas peruanas como el D.S. N° 040-2014-EM, que enfatiza el manejo de capas alteradas superficialmente para minimizar impactos ambientales y maximizar el aprovechamiento del recurso [14]. Además, la NTP 400.037:2014 establece que los materiales para mortero y concreto deben ser limpios, homogéneos y libres de contaminantes [15].

Estudios previos, como los de Folk y Ward (1957), destacan que propiedades físicas como la compactación, cementación y pureza mineralógica son clave para el uso industrial de areniscas [16]. En particular, las areniscas cuarzosas no alteradas son valoradas siendo ideales para la construcción y procesos industriales especializados.

B. Microscopía: Durante la exploración de la zona de Casa Blanca, se observó que todo está cubierto por vegetación, y de ahí nace la necesidad de poder determinar y conocer los contaminantes y como influyen en la calidad del material.

A. Contaminantes presentes en la Arenisca

El ensayo se realizó en 6 muestras: 3 de arena superficial y 3 a 5 cm de profundidad. Los resultados se muestran en la Fig. 14, y nos indica que la arena en superficie está contaminada por vegetación (raíces) y, en menor medida, por arcillas. Sin embargo, a 5 cm de profundidad, no se observa contaminación, presentándose una arenisca uniforme, limpia y además se distinguen partículas de cuarzo translúcido de granulometría media y una textura bien definida sin alteraciones significativas.

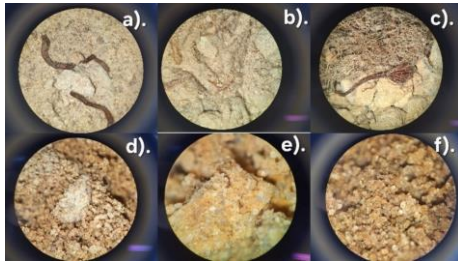


Figura N° 14: Se observan muestras de arenisca observadas al microscopio. (a, b, c). Arenisca Superficial. (d, e, f). Arenisca Subsuperficial.

La cantera de arenisca analizada tiene un alto potencial económico para la construcción. Las muestras subsuperficiales son ideales para este fin, ya que presentan partículas de cuarzo limpias y de granulometría homogénea, aptas para morteros y concretos. En cambio, las muestras superficiales contienen materia orgánica (fibras vegetales), lo que limita su uso sin tratamiento previo. No obstante, la remoción de la capa superficial (≈ 5 cm) es viable y mejora significativamente la calidad del material.

Estudios previos, como los de De Almeida et al. (2015), respaldan que areniscas con baja materia orgánica y mayor cantidad de partículas de cuarzo ofrecen mejores propiedades mecánicas [17]. Por lo tanto, con una gestión ambiental adecuada, esta cantera puede ser una fuente rentable y de calidad para la industria de la construcción.

2. Granulometría: En la zona de estudio de Casa Blanca, se observó una distribución variada de tamaños de partículas en los sedimentos, predominando arenas y gravas. Estas fueron clasificadas de manera más detallada en el laboratorio de Mecánica de Suelos y los resultados fueron plasmados en las Tablas 6, 7 y 8 respectivamente.

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422, MTC E107).

TABLA 6

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Muestra	Arenisca cuarteada de los 5 sectores
Profundidad	5 cm
Peso Muestra (gr)	3000

TABLA 7

LÍMITES DE CONSISTENCIA

		L. Líquido	L. Plástico
		23.38	16.00
Muestra	Arenisca Suelta		
Cápsula	37 48 378 803 285 2		

Tamices astm (pulg.)	Abertura (mm.)	% pasa	Material obtenido
3"	76.2	100	GRAVA GRUESA
2"	50.8	100	
1 1/2"	38.1	100	
1"	25.4	100	
3/4"	19.05	99.21	GRAVA FINA
1/2"	12.7	97.36	
3/8"	9.525	95.61	
N° 4	4.75	85.14	ARENA GRUESA
N° 10	2	75.98	
N° 20	0.85	61.13	ARENA MEDIA
N° 40	0.425	56.52	ARENA FINA
N° 50	0.3	52.51	
N° 100	0.15	25.15	
N° 200	0.075	18.74	LIMOS
BASE		0.00	

Nota: Tomando como base los cálculos realizados según las fórmulas presentadas en la Tabla 5, se determinó que el material está compuesto por 66.40 % de arena, 14.86 % de grava y 18.74 % de finos. Estos resultados se resumen visualmente en la Fig. 15, que muestra la curva granulométrica obtenida mediante el análisis por tamizado.

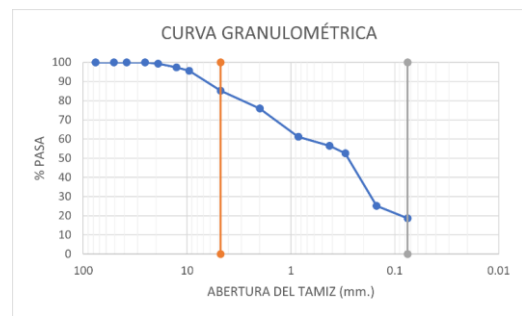


Figura N° 15: Grafica de la granulometría por tamizado. Se observa que predomina el porcentaje de Arena, lo que es muy favorable para usos de afirmado y construcción.

Límite Líquido y Límite Plástico (ASTM D - 4318 / NTP 339.129)

La determinación de los límites líquido y plástico permite conocer el comportamiento del material fino presente en las muestras de arenisca cuando se encuentra en estado húmedo. Estos límites son indicadores clave de la plasticidad del suelo o sedimento y ayudan a clasificarlo según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

En este estudio, conocer estos valores es fundamental para evaluar la capacidad de trabajabilidad, estabilidad, y posible expansión o contracción del material bajo condiciones de humedad, lo cual influye directamente en su potencial uso como agregado en obras civiles o aplicaciones industriales.

1. Peso suelo húmedo+cápsula (gr)	29.75	29.38	29.60	52.36	47.75	47.48
2. Peso suelo seco + cápsula (gr)	27.64	27.74	28.13	50.15	45.40	44.90
3. Peso del agua (gr)	1.51	1.64	1.47	2.21	2.35	2.58
4. Peso de la cápsula (gr)	21.40	20.77	21.54	34.80	30.45	29.40
5. Peso suelo seco (gr)	6.24	6.97	6.59	15.35	14.95	15.50
6. % de humedad	24.20	23.53	22.31	14.40	15.72	16.65
Nº de golpes	18	24	32	-	-	-
INDICE DE PLASTICIDAD						7.38

Clasificación de suelos: SUCS - AASHTO

Los suelos con propiedades similares se agrupan según sus características mecánicas y comportamiento en ingeniería, utilizando sistemas como el SUCS y el AASHTO, que son los más empleados en aplicaciones ingenieriles. [18].

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

TABLA 8
SUCS

Muestra	% Pasa (Nº 4)	% Pasa (Nº 200)	L.L	L.P	I.P
Arena Suelta	85.14	18.74	23.38	16	7.38

Como el porcentaje que pasa por el tamiz Nº 200 es menor que 50%, se clasifica como Suelo Grueso; al ser el porcentaje retenido en el tamiz Nº 4 menor que el 50% de la fracción gruesa, se trata de una ARENA. Dado que el porcentaje retenido en el tamiz Nº 200 es mayor que 12%, las opciones son SC (Arena Arcillosa) o SM (Arena Limosa), pero al relacionar el LL (Límite Líquido) y el IP (Índice de Plasticidad) en la carta de plasticidad, se determina que es SC (Arena Arcillosa). Por lo tanto, el suelo es una *Arena Arcillosa de Baja Compresibilidad, cuyos finos son arcilla*.

Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO)

Elegimos debido a las condiciones de la tabla según norma ASTM D 3282, la siguiente clasificación de grupo: A-2-4. Ahora para calcular su Índice de Grupo se tomó en cuenta la Tabla 9, y se analizó lo siguiente: IG: 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)

$$a = 18.74 - 35 = -16.26 \text{ (Como es negativo se considera } a = 0)$$

$$b = 18.74 - 15 = 3.74$$

$$c = 23.38 - 40 = \text{negativo } c = 0$$

$$d = 7.38 - 10 = \text{negativo } d = 0$$

Entonces IG = 0

TABLA 9
AASHTO

Indice de Grupo	Suelo
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy Bueno

Nota: Como nuestro IG = 0, se considera un suelo Muy Bueno.

La clasificación completa sería A-2-4 IG (0), tal y como se visualiza en la Fig. 16.

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0,08 mm			
	A1		A3	A2		A4		A5	A6	A7	
Grupo	A1-a	A1-b	A3	A2-4	A2-6	A2-7	A4	A5	A6	A7-5	A7-6
Simbolo											
Análisis granulométrico											
% que pasa por el tamiz de:											
2 mm	máx. 50		mín. 50	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0,075 mm	máx. 30	máx. 25									
0,075 mm	máx. 15		máx. 10								
Límites Atterberg											
límite de liquidez			máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	Máx. 6	máx. 6	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10
Índice de grupo	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina		Gravas y arenas limosas o arcillosas		Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo				

Figura Nº 16: Tabla de clasificación de los suelos - Aashto. Con una clasificación A-2-4. La calidad de material granular es muy buena.

El análisis del material extraído de la cantera muestra que cumple con las propiedades necesarias para su uso en proyectos de afirmado y construcción. Según la clasificación SUCS, el material se define como SC (arena arcillosa de baja compresibilidad), con un 18.74% pasante por el tamiz Nº 200, lo que indica una proporción moderada de finos arcillosos que aportan cohesión. Su índice plástico de 7.38 está dentro del rango permitido para afirmados (4 a 9), asegurando plasticidad y cohesión adecuadas en condiciones de humedad. La clasificación AASHTO A-2-4 con un grupo índice (IG) de 0 confirma su alta calidad para subrasantes y bases de carreteras, gracias a su naturaleza granular y cohesiva, y su buen comportamiento mecánico [19].

Desde el punto de vista económico, la explotación de la cantera es viable, ya que el material cumple con las especificaciones del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2000) del MTC, que exige índices plásticos y granulometrías adecuadas para la compactación, reduciendo la necesidad de tratamientos adicionales y optimizando costos [20]. Estudios como los de Terzaghi y Peck (1948) respaldan que los suelos SC (Arena Arcillosa) y A-2-4 (suelo granular con un contenido de material fino menor o igual al 35% que pasa por el tamiz No. 200, y que la fracción que pasa por el tamiz No. 40 tiene las características de un suelo limo), son altamente valorados en ingeniería geotécnica por su equilibrio entre granularidad y cohesión, siendo versátiles para afirmados y bases estabilizadas [21].

En base a los resultados obtenidos, se recomienda considerar este material en proyectos de infraestructura vial,

especialmente en zonas donde se requiera un equilibrio entre disponibilidad local y calidad técnica.

3. Estudio Geofísico (Resistividad): En nuestra zona de estudio se realizó una línea geofísica por el método de resistividad, se llegó a procesar el mapa de contornos y el mapa de procesos. Los mismos que se presentan en la Fig. 17. En el primer perfil, se observan los contornos de las diferentes litologías. Hasta los 105 metros de profundidad, hay roca relativamente suave, con baja resistividad y densidad. A partir de los 105 metros, la resistividad aumenta de 2.91 a 20.36 hasta los 150 metros. Mientras que, en el segundo perfil ya procesado, Destacan fracturas entre los 2, 7 y 10 metros desde el origen de la línea. La resistividad, resistencia y densidad de las rocas aumentan con la profundidad.

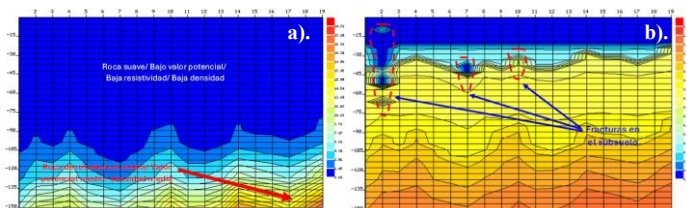


Figura N° 17: (a). Se observa un perfil. En donde el color azul es roca suave / bajo valor potencial / baja resistividad / baja densidad. Y el color más amarillo es roca de resistencia media/valor potencial medio/densidad media. (b). Perfil procesado. Se hacen presentes fracturas en el subsuelo.

IV. CONCLUSIONES

Las areniscas analizadas contienen cuarzo, feldespatos, biotita y hematita, confirmados mediante estudios petrográficos. La baja presencia de arcillas y contaminantes indica una buena calidad para construcción. Su uso representa una ventaja para futuras obras, al ser un recurso evaluado y confiable, cuya explotación responsable fomentaría el empleo y el crecimiento del sector.

El análisis petrográfico confirmó el cuarzo como mineral dominante (>70%), seguido de feldespatos (~12-13%), biotita (~9-12%) y hematita (~3-4%). El cuarzo presenta extinción ondulante y bordes irregulares, indicando compactación y deformación tectónica. Los feldespatos exhiben maclas polisintéticas y alteración parcial, mientras que la biotita aparece en agregados alargados con pleocroísmo. La hematita se localiza en fracturas y bordes de los granos, reafirmando la composición silíceo y estabilidad mineralógica de la arenisca.

El análisis granulométrico mostró que la arenisca está compuesta por 66.40% de arena, 14.86% de grava y 18.74% de finos. Según la clasificación SUCS, es una arena arcillosa de baja compresibilidad (SC), y bajo AASHTO, pertenece al grupo A-2-4, con un índice de grupo de 0, indicando alta calidad para construcción. Su granulometría la hace apta para afirmados y bases estabilizadas, proporcionando buena estabilidad mecánica y cohesión en condiciones de humedad.

Los estudios geofísicos con el resistivímetro PQWT-S500 revelaron que el paquete de arenisca alcanza 105 metros de profundidad, con un aumento progresivo de resistividad. Se identificaron fracturas a 2, 7 y 10 metros, indicando variaciones en compactación y alteración. Estos resultados coinciden con la evaluación geológica, que describe una arenisca parcialmente disgregable, requiriendo técnicas de extracción adecuadas para minimizar su desintegración y optimizar su aprovechamiento.

La caracterización del material confirma su idoneidad para la construcción, asegurando calidad y estabilidad en futuras obras. Su explotación adecuada garantiza materiales confiables, impulsando el desarrollo económico, la generación de empleo y el fortalecimiento de la industria local.

REFERENCIAS

- Paneque, A. (2015). *El cristal, la red tridimensional natural de difracción*. Revista Cubana de Química. Vol. 27(2), pp. 147-162. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v27n2/ind04215.pdf>
- Producción Minera. (2025). En www.gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5472883-produccion-minera>
- Ingenmet: *Los minerales industriales son esenciales para la vida y la industria moderna*. (2021). En www.gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/ingenmet/noticias/563147-ingenmet-los-minerales-industriales-son-esenciales-para-la-vida-y-la-industria-moderna>
- Cruzado, G. (2011). *Estudio de Geología*. App.ingenmet.gob.pe. <https://app.ingenmet.gob.pe/biblioteca/pdf/ES-C-88.pdf>
- Costafreda, J., Parra, J. y Calvo, B. (2010). Materiales De Construcción: Criterios De Sostenibilidad Y Desarrollo. En oa.upm.es. https://oa.upm.es/11669/2/Materiales_de_construcci%C3%B3n.Criterios_de_sostenibilidad_y_desarrollo.pdf
- Bin, I., Demartis, M., Poklepovic, M., & Coniglio, J. (2022). Geología, petrografía y caracterización técnica de las areniscas de la Formación Los Ranqueles, sur de la provincia de Córdoba: su aplicación como agregado en la construcción. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 79(3), 449-472. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A12%3A16572332/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3AAscholar&id=ebsco%3Agcd%3A159017828&crl=c&link_origin=www.google.com
- Cuni Calzada, J., Contrera Hernández, Y., Lastra Rivero, J. (2019). Las areniscas del Yacimiento Castellano como material de construcción. Beneficio ambiental. En ameliica.org. <https://portal.ameliica.org/ameli/jatsRepo/145/145666003/145666003.pdf>
- Pallares, Y. y Rojas, E. (s.f). *Caracterización petrográfica e identificación de zonas de alteración hidrotermal, en las rocas aflorantes de la Región las Pavas, (El Copey – Cesar)*. <https://digit.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/60588e5e-4fcd-4d67-917c-75e6804447/content>
- García, A. (2024). *Rocas Sedimentarias*. En Universidad de Granada. <https://www.ugr.es/~agcasco/personal/rocasminerales/Rocas/sed.htm#tam>
- Cañas, J. (n.d.). *Análisis De Tamaño De Partículas Por Tamizado En Agregado Fino Y Grueso Y Determinación De Material Más Fino Que El Tamiz No. 200 (75 um) En Agregado Mineral Por Lavado*. En Universidad Centroamericana. <https://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensavoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
- Cárdenas, E., Morales, L. y Ussa A. (2015). *La estereoscopia, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento*. En Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476247224010.pdf>
- L. Reyes, "Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba. Hojas: 15-f, 15-g, 16-g - [Boletín A 31]," INGENMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, no. 31, 67 p, 1980.
- Cerdán, N. (2024). *Petrografía de las areniscas de la formación Farrat en los caseríos de Alto Perú y San Cirilo – Cajamarca*. En repositorio.unc. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7022>
- Ministerio de Energía y Minas (2014). *Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero*. Decreto Supremo N° 040-2014-EM. Lima, Perú
- INACAL (2014). NTP 400.037:2014 *Construcción - Arena para mortero y concreto - Requisitos*. Instituto Nacional de Calidad, Lima, Perú
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). *Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journal of Sedimentary Research, 27(1), 3-26.
- De Almeida, G., Silva, R., & Santos, J. (2015). *Quality assessment of sands for construction materials*. Construction Materials Journal, 48(2), 125-132.
- ASTM D2487 (2017). *Unified Soil Classification System*.
- AASHTO (2020). *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2000). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2000)*.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Practice*.