

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA  
FORMACIÓN CHIMÚ EN LA ZONA AGOMARCA –  
AYLAMBO, PARA EL USO COMO SUB BASE EN  
AUTOPISTAS, CAJAMARCA, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniera Geóloga**

**Autores:**

Luz Gabriela Alcantara Requelme

Evelin Yanina Malca Cueva

**Asesor:**

Ing. Rafael Ocas Bonon

<https://orcid.org/0000-0001-9519-2532>

Cajamarca – Perú

2024

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Rafael Napoleón Ocas Boñón	42811302
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Kevin Eduardo Malca Lopez	72210924
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Miguel Ricardo Portilla Castañeda	45209190
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 63 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega tm:oid::1:3051936968




### 15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

#### Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

##### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **DEDICATORIAS**

A Dios, fuente de sabiduría y guía, que ilumina mi camino en esta travesía académica.

A mi padre, quien con su amor, apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia, ha sido mi mayor inspiración.

A mi madre, aunque ya no está físicamente conmigo, su amor eterno y sus enseñanzas perduran en mi corazón y me impulsan a alcanzar mis metas.

A ambos, les dedico este logro con profunda gratitud y cariño.

**Gabriela Alcántara**

A Dios por bendecirme día a día y así poder Desarrollar mis proyectos y seguir adelante a pesar de todas las adversidades. A mis padres Francisco y Rosa porque ellos han dado razón a mi vida, y siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económicamente, también por su gran amor y así poder hacer posible mi educación y apoyarme en esta etapa de mi vida.

**Evelin Malca**

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me ha brindado fuerza, sabiduría y perseverancia a lo largo de este camino académico. Su guía ha sido primordial en cada paso que he dado. A mi amado padre, por su apoyo incondicional, sabiduría y ejemplo de trabajo arduo han sido mi mayor motivación. A mi querida madre, su amor eterno y sus valores morales siguen siendo mi guía en todo momento. Sé que desde el cielo, ella sigue velando por mi éxito. A mi familia en general, gracias por su comprensión, aliento y apoyo constante. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera significativa a este logro, y su presencia ha hecho que este logro sea más significativo y memorable.

**Gabriela Alcántara**

En este trabajo de investigación agradezco a Dios por darme fuerzas y sabiduría para poder lograr las metas. A mis padres por su inmenso amor, sacrificio en todos estos años de mi carrera gracias por ser los principales motores de mis sueños, gracias por cada día confiar y creer en mí, gracias a su apoyo podré lograr mi meta. Gracias mi familia por el apoyo que siempre me brindaron y estuvieron en los buenos y malos momentos.

**Evelin Malca**

**Tabla de contenido**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>20</b>
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>20</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	21
o <b>2.1. Enfoque, nivel, alcance y diseño de investigación</b>	<b>21</b>
o <b>2.2. Población y muestra</b>	<b>21</b>
<b>2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3. Recolección de datos</b>	<b>22</b>
<b>2.3.4. Análisis de datos</b>	<b>22</b>
o <b>2.5.1. Ensayos de laboratorio</b>	<b>26</b>
CAPÍTULO III: RESULTADOS	28
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS	45

## Índice de tablas

Tabla 1 Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular.....	18
Tabla 2 Requerimientos de Ensayos Especiales para Subbase Granular.....	19
Tabla 3 Requerimientos de ensayos de laboratorio .....	27
Tabla 4 Requerimientos granulométricos .....	27
Tabla 5 Resultados contenidos de humedad. ....	34
Tabla 6 Resultado Granulométrico .....	35
Tabla 7 Resultado Índice de plasticidad .....	36
Tabla 8 Porcentajes de agua utilizada en relación al peso total de muestra .....	37
Tabla 9 Resultados del ensayo de abrasión. ....	37
Tabla 10 Requerimientos granulométricos .....	38
Tabla 11 Cumplimiento de calidad de ensayos de laboratorio .....	39
Tabla 12 Correlación entre el CBR y clasificación de material .....	39
Tabla 13 Resumen de resultados de ensayos estándar.....	40
Tabla 14 Resumen de resultados de ensayos especiales.....	40

## Índice de figuras

Figura 1 Elementos del pavimento flexible. ....	17
Figura 2 Mapa geológica zona de estudio .....	25
Figura 3 Toma de muestras de la formación chimú .....	26
Figura 4 Muestras de la formación chimú .....	26
Figura 5 Afloramiento formación Chimú. ....	288
Figura 6 Estratos de la formación chimú .....	29
Figura 7 Curva granulométrica. ....	36

## RESUMEN

En los últimos años, se han realizado avances importantes en ingeniería para mejorar las comunicaciones y optimizar el diseño de infraestructuras viales. Con este fin, es esencial evaluar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de carreteras. Por ello, el Ministerio de Energía y Minas ha implementado el Manual de Carreteras, que establece criterios para garantizar la durabilidad y seguridad de estas estructuras.

La investigación “Análisis de Calidad de Agregados de la Formación Chimú en la Zona Agamarca – Aylambo, para el Uso como Subbase en Autopistas, Cajamarca, 2023” tiene como objetivo general analizar la calidad de los agregados de la formación Chimú en Agopampa – Aylambo, para su uso como subbase en autopistas en Cajamarca. Los objetivos específicos incluyen identificar las características de la formación Chimú, clasificarla geotécnicamente y evaluar los parámetros de calidad de sus agregados.

Con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, descriptivo y de corte transversal, se estudian los afloramientos de la formación Chimú en Cajamarca.

Los resultados muestran que la formación está compuesta por rocas areniscas blanquecinas y marrones, con minerales como limonita y goetita. Sus características geotécnicas indican un 64.2% de grava, 31% de arena y 4.8% de finos. Con un índice de plasticidad de 5.0 y un porcentaje de desgaste de 31.9, se concluye que la formación Chimú puede ser utilizada como material de subbase, siempre que se mejore la gradación granulométrica.

**PALABRAS CLAVES:** Análisis, Agregados, Formación, Subrasante, Dureza, Resistencia).

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La problemática global en torno a la calidad de las infraestructuras viales se hace cada vez más evidente, especialmente en países en desarrollo donde la falta de materiales adecuados puede comprometer la seguridad y durabilidad de las carreteras. A medida que se implementan avances en ingeniería para mejorar las comunicaciones, surge la necesidad urgente de evaluar y garantizar la calidad de los materiales utilizados en la construcción, como los agregados de la formación Chimú en Cajamarca. El estado del Manual de Carreteras propuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones refleja una preocupación por establecer estándares que eviten desastres y fomenten un desarrollo sostenible. Sin embargo, investigaciones como la que analiza la calidad de estos agregados revelan la falta de conocimiento técnico y la necesidad de un enfoque más riguroso en la selección de materiales, lo que podría llevar a fallas estructurales y afectar la conectividad y el desarrollo económico de las regiones. La inadecuada calidad de las infraestructuras no solo representa un riesgo físico, sino que también limita las oportunidades de progreso y bienestar para las comunidades locales.

El uso de agregados para sub base en carreteras en Perú enfrenta varios problemas críticos que impactan la calidad y durabilidad de las infraestructuras viales. En primer lugar, la variabilidad en la calidad de los materiales disponibles en diferentes regiones del país genera inconsistencias en las características geotécnicas, lo que puede comprometer la resistencia y estabilidad de las carreteras. Muchos de estos agregados no son sometidos a un análisis riguroso, lo que a menudo resulta en el uso de materiales inadecuados que pueden llevar a fallas estructurales prematuras.

Además, la falta de estándares claros y la insuficiente capacitación técnica en la selección y clasificación de agregados agravan esta situación. Esto se traduce en un uso ineficiente de los recursos y en un aumento de costos a largo plazo debido a la necesidad de reparaciones frecuentes. También es preocupante que la escasa implementación de normativas, como el Manual de Carreteras, no garantice que los proyectos viales se realicen bajo criterios de calidad adecuados

A nivel internacional, el uso de agregados para sub base en carreteras se enfrenta a retos significativos relacionados con la sostenibilidad y la calidad de los materiales. La creciente demanda de infraestructura vial, impulsada por el crecimiento urbano y el desarrollo económico, ha llevado a la explotación excesiva de recursos naturales, generando preocupaciones ambientales como la degradación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad. Además, la falta de estandarización en los métodos de extracción y análisis de materiales a nivel global puede resultar en infraestructuras de baja calidad que comprometen la seguridad y durabilidad de las carreteras. Esta problemática se ve agravada por la insuficiente capacitación técnica en la industria de la construcción en muchos países en desarrollo.

En Perú, la situación es igualmente preocupante. La variabilidad en la calidad de los agregados disponibles en diferentes regiones, como la formación Chimú en Cajamarca, plantea serios desafíos para la construcción de carreteras. A menudo, los materiales utilizados carecen de un análisis geotécnico riguroso, lo que puede resultar en fallas estructurales y costos elevados por reparaciones. La falta de normativas claras y la escasa implementación del Manual de Carreteras por parte de las autoridades competentes contribuyen a una utilización inadecuada de los recursos, lo que limita la capacidad de respuesta ante emergencias viales y afecta el desarrollo económico regional.

A nivel local, la situación en Cajamarca es particularmente crítica. La formación Chimú, aunque representa una fuente potencial de agregados, presenta desafíos en términos de calidad y características geotécnicas que no siempre son bien comprendidas. La ausencia de estudios detallados y la falta de un enfoque sistemático para clasificar y analizar estos materiales pueden llevar a la selección de agregados inadecuados para su uso como sub base en las carreteras. Además, la explotación descontrolada de estos recursos naturales ha generado preocupaciones sobre el impacto ambiental, como la erosión del suelo y la alteración de hábitats locales. Esta situación afecta no solo la calidad de las infraestructuras, sino también el bienestar de las comunidades que dependen de una red vial segura y eficiente para su desarrollo.

Perú se considera un país en desarrollo, lo que hace que su sistema de carreteras sea esencial para la integración económica, social y cultural. A pesar de los avances tecnológicos en el diseño de carreteras en naciones desarrolladas, la región de Cajamarca enfrenta aún diversos desafíos. Los pavimentos flexibles son comúnmente empleados en Perú y en otras partes del mundo, pero a menudo sufren un deterioro prematuro (Campos & Irigoín, 2019). Por ello, es crucial considerar los factores que pueden contribuir a que, con el tiempo, el pavimento sufra fallas superficiales, siendo las fisuras y agrietamientos las más frecuentes.

Los agregados son materiales clave en la construcción, ya que proporcionan resistencia y durabilidad, aunque sus propiedades pueden variar dependiendo de la cantera de extracción. A menudo, se utilizan cantidades basadas en la experiencia, pero un análisis detallado puede revelar diferencias significativas en las propiedades de los agregados de distintas canteras, debido a los procesos geológicos únicos de cada una (Carranza & Paredes, 2018).

El diseño de pavimentos también debe tener en cuenta las características específicas de los materiales utilizados en la base y subbase, ya que estas influyen en la capacidad del pavimento para soportar cargas, ofrecer una superficie de rodadura uniforme y resistir las condiciones climáticas. Por lo tanto, un análisis meticuloso de estas características es fundamental para asegurar que el diseño sea viable, funcional y duradero (Canaza, 2020).

Asimismo, si la capa es de material granular, proporciona una base sólida para el pavimento. El CBR (California Bearing Ratio) mide la capacidad de un suelo para soportar cargas, y un CBR del 40% indica que el suelo puede resistir cargas moderadas (Arias & Sarmiento, 2023).

Es importante investigar sobre la cimentación de pavimentos en Cajamarca, ya que esto permitirá un análisis detallado del tema, con el fin de identificar estrategias efectivas para mejorar la seguridad vial y reducir los accidentes de tránsito en la ciudad, protegiendo así la integridad de los ciudadanos (Pérez & Pérez, 2022).

En Cajamarca, el objetivo es estudiar las propiedades de los agregados de la formación Chimú para evaluar su cumplimiento con los estándares de calidad en la construcción, y su potencial uso como subbase en autopistas, buscando así mejorar la calidad de los materiales para el diseño de pavimentos flexibles.

A nivel internacional, Vélez y Ruiz (2022) llevaron a cabo ensayos de laboratorio en Ecuador. Hernández (2020) subraya la importancia de realizar ensayos de laboratorio para analizar las características de los materiales, lo que permite entender a fondo los parámetros físicos y mecánicos, en conformidad con la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN). Los ensayos realizados incluyeron granulometría, gravedad específica, absorción, humedad y pesos unitarios de materiales sueltos y compactos, lo que facilitó el diseño de mezcla para el tipo de material.

Monteros (2019) en Quito estableció que la calidad de los agregados y del agua influye en el tiempo de mezcla de los micropavimentos, siendo los agregados de alta calidad los que requieren menos tiempo de mezcla. Según la norma ISSA A143, el desgaste máximo por abrasión de los agregados debe ser del 30%, y el deterioro máximo por sulfato de magnesio del 25%. Los resultados de los ensayos de los agregados no superaron estos límites, concluyendo que las calidades mecánicas de los materiales utilizados en micropavimentos en Quito son adecuadas y se ajustan a los estándares establecidos.

Huamaní (2018) en su tesis de grado propuso evaluar las características de las canteras para determinar su idoneidad en la construcción de pavimentos. Los resultados de su análisis indicaron que los materiales de estas canteras son adecuados para la construcción de la autopista Puno – Juliaca, siendo los agregados de buena calidad y garantizando la durabilidad de la estructura, aunque se renuevan naturalmente tras las lluvias debido a la erosión de los ríos.

Canaza (2020) investigó las características de los materiales de las canteras de Sabandía y Uchumayo, realizando ensayos según los estándares del MTC. Los resultados mostraron que ambos materiales cumplen con los parámetros establecidos, con un índice de plasticidad bajo que indica una proporción adecuada de materiales finos, lo que les confiere buenas propiedades de fricción interna y cohesión. El agregado de Sabandía se clasifica en gradiente "C", y dado que Arequipa está por debajo de los 3000 msnm, se pueden utilizar las gradaciones B, C o D en la construcción de pavimentos. En resumen, los materiales de ambas canteras son apropiados para la construcción de pavimentos, presentando buenas propiedades mecánicas y de drenaje.

Aliaga (2017) evaluó el material de base y subbase de las canteras Umuto y Sicaya para su uso en pavimentos flexibles de subrasante con un CBR menor al 10%. Los resultados indicaron que el material de Sicaya tiene un mejor desempeño en comparación con Umuto, cuya CBR es del 74.90% frente al 82.80% de Sicaya, lo que es adecuado para vías locales. Por lo tanto, el material de Sicaya se considera una opción más favorable para pavimentos flexibles de subrasante de CBR menor al 10%, cumpliendo con los requisitos de la Norma CE.010.

Carranza y Paredes (2018) se centraron en evaluar las propiedades técnicas y económicas de los agregados de las canteras en Chiclayo para su uso en proyectos viales. Según los ensayos de laboratorio, la cantera La Victoria cumple con todas las especificaciones del Manual de Carreteras en aspectos como granulometría, CBR, y límites líquido y plástico. Aunque otras canteras muestran buenos resultados en ciertos aspectos, La Victoria es la única que satisface todas las exigencias.

Cuzcano (2022) se propuso analizar los agregados de río de la cantera Puente Auco para determinar la resistencia del concreto, obteniendo resultados positivos en el diseño de mezcla, que incrementó la resistencia a la compresión a más de 175 kg/cm<sup>2</sup>. El análisis granulométrico mostró una composición de 40.4% de grava, 52.8% de arena y 6.8% de finos.

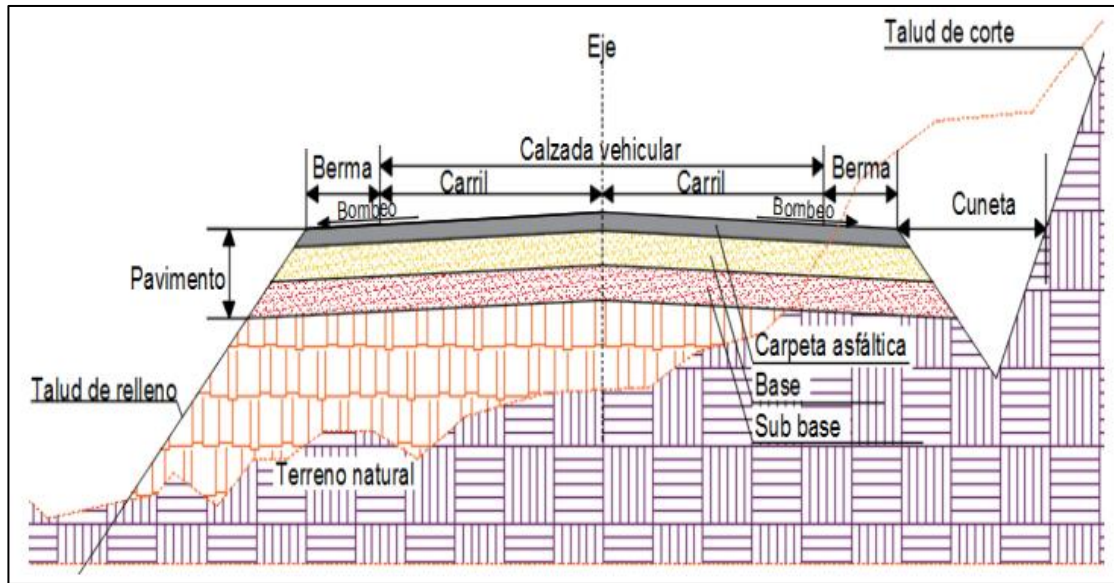
Neri (2018) evaluó la calidad del material de base y subbase en canteras de Trujillo, encontrando que el material de subbase de las tres canteras cumple con las especificaciones granulométricas del Manual de Carreteras – EG 2013, aunque el material de base no cumple con los requisitos de la malla N° 200. En cuanto a material de subbase, las canteras Lekersa y Oasis presentaron resultados similares, no cumpliendo en un 44% de los parámetros, mientras que la cantera Los Mellizos tuvo un desempeño inferior, incumpliendo en un 56% de los parámetros evaluados. Así, aunque las tres canteras ofrecen buenos agregados para subbase, ninguna cumple con las especificaciones para material de base, siendo Lekersa y Oasis las que brindan mejor calidad en comparación con Los Mellizos.

Las bases teóricas que sustentan la investigación incluyen los siguientes puntos:

- **Pavimento:** Estructura compuesta por varias capas construidas sobre la subrasante, diseñadas para resistir y distribuir las cargas generadas por el tráfico, mejorando la seguridad y comodidad de los usuarios. Estas capas deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos para su construcción (Aliaga, 2017).
- **Pavimento flexible:** Consta de tres capas: una superior de asfalto, una intermedia de material granular y una inferior de tierra compactada, cada una con funciones específicas (Aliaga, 2017).

**Figura 1**

*Elementos del pavimento flexible.*



*Nota:* Adaptado de Aliaga, 2017.

- **Agregados para pavimentos:** Materiales extraídos de canteras, que se utilizan en las capas del pavimento. Es crucial evaluar su origen para determinar su idoneidad, realizando ensayos de laboratorio conforme a los procedimientos del Manual de Ensayo de Material para Carreteras del MTC y el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales (Manual de Carreteras, 2013, citado en Neri, 2018).
- **Subbase:** es la capa de material que se coloca directamente sobre la subrasante (suelo natural) y por debajo de la base del pavimento. Su función principal es proporcionar soporte adicional y distribuir las cargas del tráfico para evitar deformaciones en la subrasante (AASHTO, 2014).

Los materiales de la subbase granular deben cumplir con las características físicas y químicas especificadas en el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.Pavimento .

**Función:**

- **Distribución de Cargas:** Ayuda a distribuir las cargas vehiculares, minimizando el estrés sobre la subrasante.
- **Mejora de Drenaje:** Facilita el drenaje del agua, reduciendo el riesgo de acumulación que puede debilitar la subrasante.
- **Control de Deformaciones:** Reduce el riesgo de asentamientos diferenciales y deformaciones en el pavimento.

**Uso:** Se utiliza en situaciones donde la subrasante tiene baja capacidad portante o donde se prevé un alto tráfico vehicular. Es común en pavimentos flexibles y rígidos (González, 2017).

**Tabla 1**

Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACION A (1)	GRADACION B	GRADACION C	GRADACION D
50 mm. (2")	100	100	-	‘
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm. (3/8 ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota: Extraído de ASTM D 1241, 2015.

**Tabla 2**
*Requerimientos de Ensayos Especiales para Subbase Granular*

ENSAYO	NORMA MTC	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	REQUERIMIENTOS	
				< 3000 msnm	> 3000 msnm
<b>Abrasión Los Ángeles</b>	E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
<b>CBR ( 1 )</b>	E 132	D 1883	T 193	40 % min	40 % min
<b>Limite Liquido</b>	E 110	D 4318	T 89	25 % máx	25 % máx
<b>Índice de Plasticidad</b>	E 111	D 4318	T 90	6 % máx	4 % máx
<b>Equivalente de Arena</b>	E 114	D 2419	T 176	25 % min	35 % min
<b>Sales Solubles</b>	E 219			1 % máx	1 % máx
<b>Partículas Chatas y Alargadas</b>		D 4791		20 % máx	20 % máx

Nota: Según el estándar ASTM D 1241, 2015

Los ensayos estándar para medir la calidad del material de base y subbase son aquellos que miden las propiedades físicas del material, como su granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, contenido de sales totales, cantidad de partículas chatas y alargadas. Por otro lado, los ensayos especiales miden la resistencia del material, como el California Bearing Ratio (CBR), el ensayo de abrasión de Los Ángeles, el equivalente de arena, el Proctor modificado, la durabilidad del agregado grueso y fino, y el índice de durabilidad (Neri, 2018)

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad de los agregados de la formación Chimú para el uso como sub base en autopistas de Cajamarca?

### 1.3. Objetivos

#### Objetivo general

Analizar la calidad de los agregados de la formación Chimú de la zona Agopampa – Aylambo, para el uso como sub base en autopistas de Cajamarca, durante el año 2023.

#### Objetivos específicos

- Identificar las características petrológicas de la formación Chimú en la zona de Cajamarca.
- Realizar la clasificación geotécnica de la formación Chimú en la zona de Cajamarca.
- Analizar los parámetros de calidad del material geológico de la formación Chimú para uso como sub base en autopistas de Cajamarca.

### 1.4. Hipótesis

La formación Chimú presenta una calidad buena para ser usada como sub base en autopistas de la ciudad de Cajamarca

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### ○ 2.1. Enfoque, nivel, alcance y diseño de investigación

Presentamos una investigación con enfoque cuantitativo respaldado por Fernández et al. (2014), Los métodos cuantitativos utiliza la recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis previamente hechas, confía en la medición numérica, el conteo para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. Para ello, combina datos cuantitativos y cualitativos, que permiten caracterizar a los objetos de estudio tanto desde un punto de vista numérico como lingüístico. De esta forma, se obtiene un rango de evidencia más amplio que ayuda a comprender mejor los fenómenos y a ampliar nuestro conocimiento sobre ellos.

La investigación será descriptiva porque su objetivo es proporcionar una descripción detallada de las características de un fenómeno. Para ello, se seleccionaron datos sobre las propiedades, las características, los procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se pueda someter a un análisis. (Borja, 2016).

El diseño de la investigación es no experimental de corte transversal y para ello Fernández et al. (1997), indica que la investigación no experimental corresponde a aquellas donde no se ha manipulado ninguna de las variables, además se indica que es de corte transversal ya que los datos se recolectan en un solo momento, en un tiempo único, Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, García (2016, pág. 58) citando a (Ibidem, p.270)..

### ○ 2.2. Población y muestra

**Población:** Afloramientos de la formación Chimú en la ciudad de Cajamarca

**Muestra:** Nueve muestras de los afloramientos de la formación Chimú en las zonas de Agomarca – Aylambo de la ciudad de Cajamarca.

La muestra es no probabilística y para ello Fernández et al. (1997). Menciona, que los elementos de un estudio de observación naturalista no se seleccionan al azar, sino que se seleccionan en función de las características de la investigación o los propósitos del investigador

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.**

#### **2.3.1. Técnicas**

- Observación directa
- Análisis documental
- Transcripción de datos
- Procesamiento mediante histogramas y líneas de tendencias.

#### **2.3.2. Instrumentos**

- Ficha de observación
- Guía de análisis documental
- Hoja de Excel

#### **2.3.3. Recolección de datos**

Para la recopilación de datos se seguirá el procedimiento estipulado en los formatos de laboratorio.

#### **2.3.4. Análisis de datos**

Para el análisis de datos:

Se procesarán las fichas con datos de laboratorios obtenidas y se procederá a realizar el análisis con la normativa vigente de calidad para agregados para Sub base de pavimentos.

## **2.4. Etapa de pre campo**

En esta etapa se realizó la recopilación de información, de investigaciones a nivel regional, nacional e internacional, lo que sirve como fundamento teórico y aplicativo para el desarrollo de la investigación, con esta información se generó una base de datos que permita realizar trabajos de información documentada para las siguientes etapas del trabajo de investigación en buscadores confiables, Google académico, Redalyc , Scielo , Concytec.

Los criterios de selección para los artículos y tesis considerados es que estos sean menores a 5 años de publicación, además, que tenga relación con las palabras claves.

## **2.5. Etapa de campo**

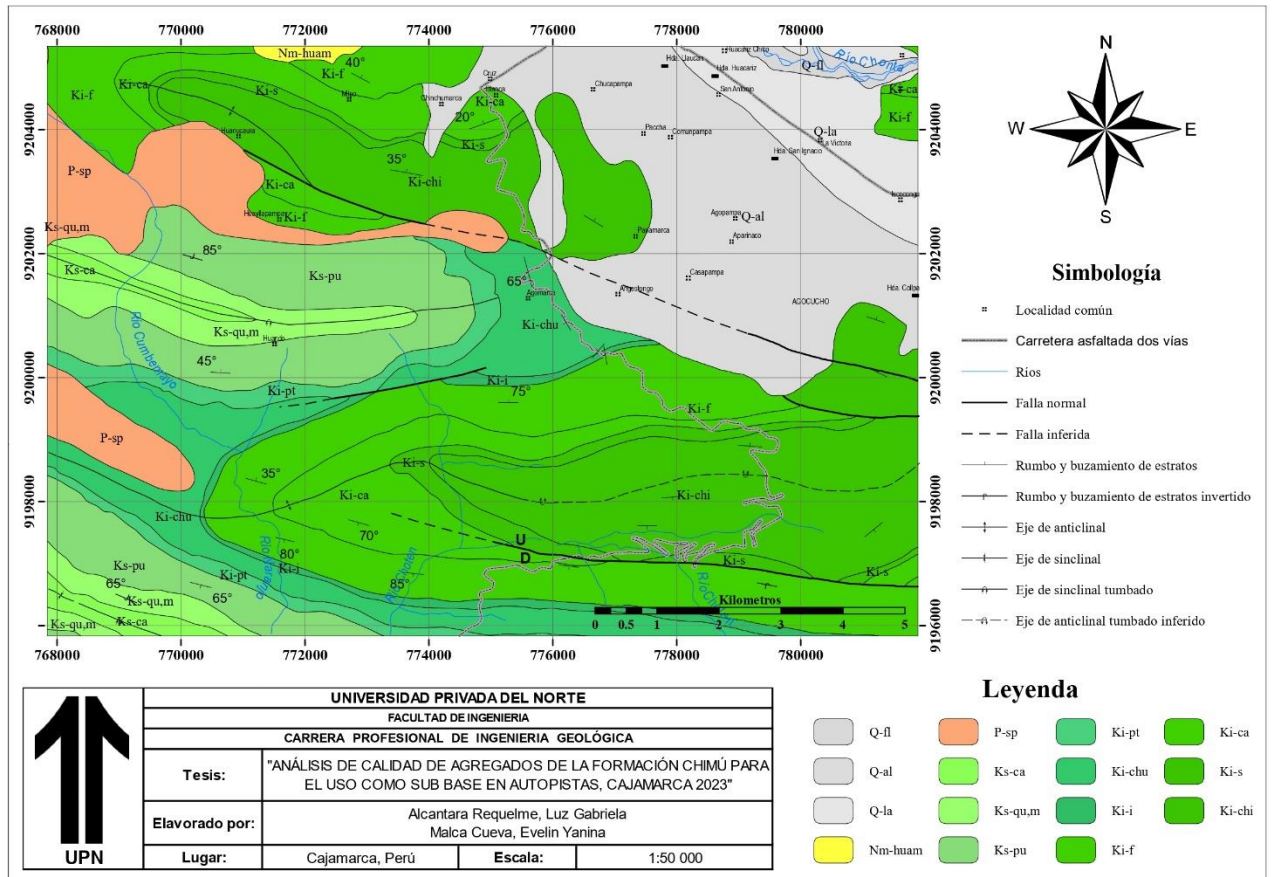
Para esta etapa se consideró la identificación de las distintas zonas donde explora y explota la formación Chimú, evidenciando las características descritas en el boletín 31 del Ingemmet, de las cuales nos concentramos en el muestreo de una de ellas obteniendo un peso mínimo de 60 kilos que fueron llevados a laboratorio para su clasificación geotécnica.

### **a. Reconocimiento de la formación chimú**

La Formación Chimú es una unidad geológica compuesta por cuarcitas, areniscas y arcillitas. Se encuentra sobre la Formación Oyón y debajo de la Formación Santa. Su espesor puede alcanzar los 300 metros y se divide en dos miembros: el inferior, que consiste en areniscas y cuarcitas con intercalaciones de arcillitas, y el superior, que consiste en capas macizas de cuarcitas blanco-grisáceas con escasas capas de arcillas. La Formación Chimú se formó durante el Valanginiano

inferior a medio, que es un período del Cretácico inferior. Se correlaciona con la Formación Salto del Fraile y La Herradura en la zona de Lima. (Rodríguez, 2023)

Es una unidad geológica compuesta por areniscas, lutitas y cuarcitas. Las areniscas son de grano mediano a grueso y se presentan en capas de 1 a 3 metros de espesor. El espesor total de la formación varía entre 100 y 600 metros. La formación Chimú se caracteriza por conformar los picos más altos de la región. En la parte inferior de la formación se encuentran lutitas, que son rocas sedimentarias compuestas principalmente por arcilla. En la parte superior se encuentran cuarcitas, que son rocas sedimentarias compuestas principalmente por cuarzo. En la parte inferior de la formación Chimú, se han encontrado capas de carbón. El grosor de la formación varía mucho. Esto parece estar relacionado con la geometría de la Cubeta Occidental, una depresión geológica ubicada en el norte de Perú. Los espesores máximos se encuentran a lo largo del eje de la faja subsidente, que es la zona de la Cubeta Occidental donde ha habido más subsidencia. El espesor disminuye de sur a norte. (Cruz, 2003)

**Figura 2**
*Mapa geológica zona de estudio*


Nota. En la figura observamos la formación Chimú en la zona de estudio.

### b. Toma de muestras

En la segunda fase del trabajo de campo, se recolectaron muestras de la zona de estudio. Estas muestras se recolectaron en lugares clave de la formación Chimú. Se realizaron ensayos in situ para recopilar datos sobre la calidad de las areniscas. Estos datos se utilizarán para determinar si las areniscas son aptas para su uso como base de las autopistas de Cajamarca.

### Figura 3

#### *Toma de muestras de la formación chimú*



Nota: Se recolectó las muestras en distintos puntos de la cantera, en un total de 8 puntos con el fin de obtener una muestra representativa de la formación chimú. Se ha realizado la toma de muestras, de ocho puntos

### Figura 4

#### *Muestras de la formación chimú*



#### ○ 2.5.1. Ensayos de laboratorio

Las muestras extraídas fueron llevadas a laboratorio para los ensayos necesario propuestos en las Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras de 2013, considerando los requerimientos para zonas menores a 3000 m.s.n.m, correspondientes a la ciudad de Cajamarca.

Para poder iniciar el estudio en laboratorio se ha tomado que sacar una muestra representativa utilizando el método de cuarteo, por lo que ha sido necesario la mezcla de todas las muestras tomadas de campo.

**Tabla 3**

*Requerimientos de ensayos de laboratorio*

ENSAYO	NORMA MTC	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	REQUERIMIENTOS	
				< 3000 msnm	> 3000 msnm
<b>Abrasión</b>	MTC E 207	C 131	T 96	50% máx	50% máx
<b>CBR</b>	MTC E 132	D 1883	T193	40% min	40% min
<b>Limite Líquido</b>	MTC E 110	D 4318	T89	25% máx	25% máx
<b>Índice de Plasticidad</b>	MTC E 111	D 4318	T89	6% máx	4% máx

Nota: Ensayos necesarios para determinar la calidad de la sub base propuesto por las Especificaciones técnicas para construcción de carreteras de 2013.

**Tabla 4**

*Requerimientos granulométricos*

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACION A	GRADACION B	GRADACION C	GRADACION D
<b>50 mm. (2")</b>	100	100	-	‘
<b>25 mm. (1")</b>	-	75-95	100	100
<b>9,5 mm.( 3/8 ")</b>	30-65	40-75	50-85	60-100
<b>4,75 mm. (N.º 4)</b>	25-55	30-60	35-65	50-85
<b>2,0 mm. (N.º 10)</b>	15-40	20-45	25-50	40-70
<b>425 µm. (N.º 40)</b>	8-20	15-30	15-30	25-45
<b>75 µm. (N.º 200)</b>	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota: Gradación de porcentajes que pasa los tamices, para zonas mayores a 3000 m.s.n.m, corresponde gradación A y B si son zonas menores a 3000 m.s.n.m.

## 2.6. Etapa Post Campo

Con la información de trabajo de campo y la toma de muestras se procedió a enviar a laboratorio los ensayos para su análisis de acuerdo a las normativas ASTM, posterior a esto se organizó los resultados de acuerdo a cada objetivo planteado.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1 Reconocimiento de la formación Chimú en la zona de Cajamarca.

La formación sujeta de investigación para el uso como sub base en calles de la ciudad de Cajamarca, es Chimú, caracterizada por presencia de arenas y distintos tipos de minerales como Hematita, Limonita, Jarosita. Las areniscas de la formación Chimú están compuestas de granos de arena de tamaño medio a grande, con algunos lentes de cuarzo que no están muy redondeados. Su espesor varía de 80 a 600 metros

- ESTRATIGRAFÍA
  - ERA: mesozoica
  - PERIODO: cretáceo inferior
  - UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS: Grupo Goyllarisquizga

#### Figura 5

*Afloramiento formación Chimú.*



Nota: Parte superior formación Chimú, presencia de areniscas cuarzosas con bancos de mediana potencia intercalando bandos delgados de lutitas tonalidades rojizas debido producto de minerales de óxidos.

## Figura 6

### *Estratos de la formación chimú*



Nota: Rocas areniscas cuarzosa consolidadas, estratos de mediana potencia.

## ● PETROLOGÍA

### - MUESTRA DE MANO (MM-01)

- **Textura:** Detrítica
- **Alteraciones:** Oxido férrico
- **Nombre:** Arenaza cuarzosa
- **Descripción macroscópica detallada:** Roca con presencia de cuarzo, por el cual contiene alta dureza, tiene un color blanco grisáceo.
- **Ubicación:**

Este	Norte	MSNM
775446	9202363	3005

- **Observaciones:** Presenta oxidación de hematita y jarosita.



- **MUESTRA DE MANO (MM-02)**

- **Textura:** Textura Granoblástica
- **Alteraciones:** Óxido de hierro
- **Nombre:** Arenisca grisácea
- **Descripción macroscópica detallada:** roca metamórfica no foliada compuesta por cuarzo
- **Ubicación:**

Coordenada	Coordenada	cota
Este	Norte	
775341	9202358	3036

- **Observaciones:** Presenta óxido de hematita y jarosita.



- **MUESTRA DE MANO (MM-03)**

- **Textura:** Clástica
- **Alteraciones:** Fracturamiento, Oxidaciones de óxido férrico.
- **Nombre:** Roca metamórfica cuarcita
- **Descripción macroscópica detallada:** La roca presenta un color grisáceo blanquecino, con coloraciones rojizas y naranjas y presencia de vetillas de cuarzo.
- **Ubicación:**

Este	Norte	MSNM
775324	9202959	2956

- **Observaciones:** Presenta oxidaciones de hematita y jarosita.

➤ **MUESTRA DE MANO (MM-04)**

**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA**

- **Textura:** Granoblástica
- **Alteraciones:** Óxido férrico
- **Nombre:** Cuarzita
- **DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DETALLADA:** Roca con la presencia de cuarzo, con color grisáceo azulado, con coloraciones

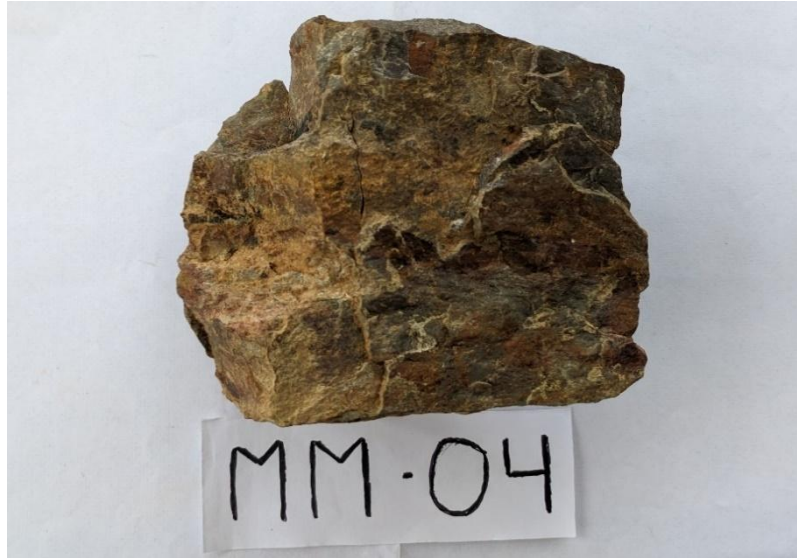


anaranjadas, rojizas y negras.

- **Ubicación:**

Este	Norte	MSNM
775247	9203930.45	2880

- **Observaciones:** Presenta oxidación de jarosita, hematita y goethita, además hay presencia de arcilla.



### 3.2 Clasificación geotécnica de la formación Chimú.

Para realizar la clasificación se realizó el muestreo de los afloramientos de la formación en mención, mediante para posteriormente enviar dichas muestras al laboratorio para los ensayos necesarios que permitan la caracterización geotécnica y se evalué los parámetros de calidad de materiales.

Los ensayos de laboratorio en suelos permiten determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Para ello, se utilizan muestras disturbadas de suelos, obtenidas de las exploraciones realizadas en el campo. Los ensayos se realizan de acuerdo a las recomendaciones de la American Society of Testing and Materials (ASTM).

Los materiales de cantera se someterán a ensayos de laboratorio para evaluar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Estos ensayos se realizarán de acuerdo a las normas establecidas en el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-2000). Estas son:

– **Ensayo para contenido de Humedad (AST M D 2216)**

**Tabla 5**

*Resultados contenidos de humedad.*

Muestra No.		CC- ECME- 001 /2023.	
Muestra		1	2
RECIPIENTE No		R - 05	S - 06
Pr + Ph	= A	907.0	896.0
Pr + Ps	= B	854.0	844.0
Pr	= C	65.0	79.0
Pa	= D = A - B	53.0	52.0
Ps	= E = B - C	789.0	765.0
% H	(D/E) * 100	6.7	6.8

Nota: En la tabla se observa el resultado de la humedad natural de los materiales de la formación Chimú en la zona el Gavilán de la ciudad de Cajamarca obteniendo un promedio de 6.8% del peso total de la muestra.

- **Análisis granulométrico por tamizado (AASHTO T 88)**

**Tabla 6**

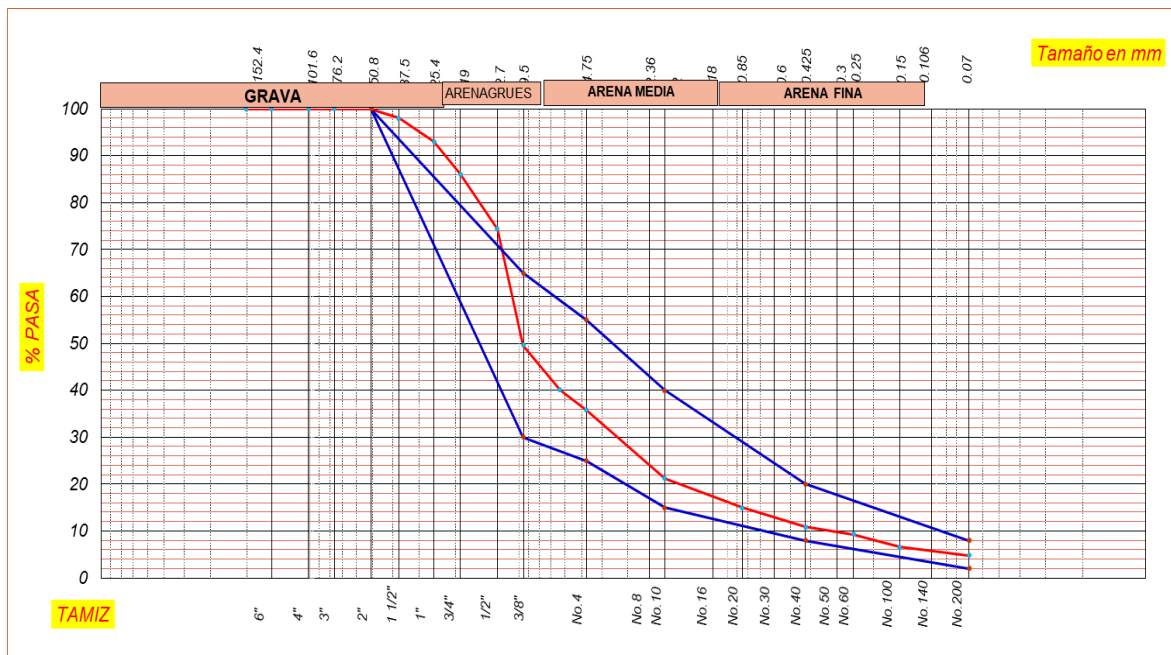
*Resultado Granulométrico*

<b>Tamaño Tamiz</b>	<b>Peso Reten. Acumulado</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Pasa</b>
8"	0.0	0.0	100.0
6"	0.0	0.0	100.0
4"	0.0	0.0	100.0
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	587.2	2.0	98.0
1"	2043.2	7.0	93.0
3/4"	4046.3	13.9	86.1
1/2"	7474.3	25.6	74.4
3/8"	14675.2	50.4	49.6
1/4"	17451.1	59.9	40.1
<b>No. 4</b>	18695.6	64.2	35.8
<b>No. 8</b>			
<b>No. 10</b>	204.6	78.8	21.2
<b>No. 16</b>			
<b>No. 20</b>	291.2	85.0	15.0
<b>No. 30</b>			
<b>No. 40</b>	348.6	89.1	10.9
<b>No. 50</b>			
<b>No. 60</b>	371.1	90.7	9.3
<b>No. 100</b>	409.1	93.4	6.6
<b>No. 140</b>		64.2	35.8
<b>No. 200</b>	434.6	95.2	4.8
<b>Platillo</b>	192.3		

*Nota:* En la tabla se observa el resultado de los pesos acumulados, porcentaje retenido y porcentaje que pasa de la muestra en estudio, observándose materiales pasantes los tamices de la malla N°1 ½, hasta malla N°¼, que representa las gravas, siendo en su total el 64.2% del total de la muestra, seguido de arena de las mallas pasantes de la malla N° 4 hasta retenidas en malla N° 100

**Figura 7**

*Curva granulométrica.*



Nota: En la figura se observa curva granulométrica, color rojo, de acuerdo a los pesos obtenidos en laboratorio; curvas azules son los parámetros según la gradación, para nuestro caso materiales utilizados para zonas menores a 3000 m.s.n.m.

- **Limite líquido (AASHTO T 89- ASTM D 4318) / Limite plástico (AASHTO T 89- ASTM D 4318)**

**Tabla 7**

*Resultado Índice de plasticidad*

<b>HUMEDAD NATURAL %:</b>	<b>6.8</b>
<b>LÍMITE LÍQUIDO %:</b>	28.3
<b>LÍMITE PLÁSTICO %:</b>	22.5
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:</b>	5.8

Nota: En la tabla se observa los resultados de Límite Líquido y Plástico en relación a la humedad natural, obteniéndose como resultado un índice de Plasticidad de 5.8% propio de gravas arcillosas con arena.

– **Proctor modificado (AASHTO T 180- ASTM D 1557)**

**Tabla 8**

*Porcentajes de agua utilizada en relación al peso total de muestra*

DETERMINACIÓN	1	2	3	4	5
Agua Agregada	8%	10%	12%	14%	16%
Peso Molde + material húmedo	6120.0	6205.0	6285.0	6265.0	6225.0
Peso del molde (g).	4385.00	4385.00	4385.00	4385.00	4385.00
Peso de material húmedo (g).	1735.0	1820.0	1900.0	1880.0	1840.0
Volumen del molde (cm3).	863.50	863.50	863.50	863.50	863.50
Densidad húmeda (g/cm3).	2.009	2.108	2.200	2.177	2.131
Cápsula + material húmedo (g).	1275.0	1096.0	1035.0	1008.0	1117.0
Cápsula + material seco (g).	1140.0	970.0	910.0	870.0	950.0
Peso del agua (g).	135.0	126.0	125.0	138.0	167.0
Número de cápsula	G-02	G-01	G-03	G-04	G-05
Peso de la cápsula (g).	125.0	125.0	160.0	125.0	125.0
Peso de suelo seco (g).	1015.0	845.0	750.0	745.0	825.0
Contenido de agua (%).	13.3	14.9	16.7	18.5	20.2
Densidad seca (g/cm3).	1.773	1.834	1.886	1.837	1.772

Nota: En la tabla se observa los resultados de ensayo de Proctor modificado, obteniendo la densidad máxima corregida de 2.038 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima corregida de 13.8 % de agua en relación al peso de la muestra.

– **Resistencia a la degradación del agregado grueso de pequeño tamaño por abrasión e impacto en la Máquina los Ángeles (ASTM C 131)**

**Tabla 9**

*Resultados del ensayo de abrasión.*

Prueba	1
Gradación usada	A
No de esferas	12
No de revoluciones	500
Peso muestra seca antes de ensayo ( g )	5001.3
Peso muestra seca después de ensayo ( g )	3404.0
Pérdida ( g )	1597.3
% de desgaste	<b>31.9</b>
Especificación % menor de	----

Nota: En la tabla se observa el resultado de abrasión de la muestra, obteniendo un porcentaje de desgaste en 31.9 % de un total de 5001.3 gramos, de acuerdo a la gradación de muestra de tipo A. El número de revoluciones es de 500 con un número de esferas de 12.

### 3.3 Parámetros de calidad de la formación Chimú para uso como sub base en autopistas de Cajamarca.

**Tabla 10**

*Requerimientos granulométricos*

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm. (2")	100	100	-	0
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/8 ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota: Gradación de porcentajes que pasa los tamices, para zonas mayores a 3000 m.s.n.m, corresponde gradación A y B si son zonas menores a 3000 m.s.n.m.

Según los resultados obtenidos dentro de la Gradación B, como se observa en los resultados de la granulometría, esta evidencia que los materiales gruesos están sobre los límites permitidos, por lo que concluimos que granulométricamente, no cumple, pero se puede mejorar esta granulometría ya que en gran contenido de finos esta cumple con las especificaciones técnicas.

Hay que considerar que la granulometría está sujeta a la forma de explotación, y sería materia de estudio para futuras investigaciones mejorar la granulometría de agregados para uso como sub base.

**Tabla 11**
*Cumplimiento de calidad de ensayos de laboratorio*

ENSAYO	NORMA MTC	NORMA ASTM	NORMA AASHTO	RESULTADOS < 3000 msnm	CUMPLE
<b>Abrasión</b>	MTC E 207	C 131	T 96	31.9	SI
<b>CBR</b>	MTC E 132	D 1883	T193	20 – 40 max	SI
<b>Limite Liquido</b>	MTC E 110	D 4318	T89	27.5	NO
<b>Índice de Plasticidad</b>	MTC E 111	D 4318	T89	5	SI

Nota: Ensayos necesarios para determinar la calidad de la sub base propuesto por las Especificaciones técnicas para construcción de carreteras de 2013.

**Tabla 1**
*Correlación entre el CBR y clasificación de material*

A-2 Material Granular con alto contenido de finos					
CLASIFICACION ASHTO	DESCRIPCION	CLASIF. S. U.	DENSIDAD SECA (Kg/m3)	CBR (%)	VALOR K (PSI/IN)
<b>A-2-4 Gravoso</b>	Grava Limosa	GM	130 - 145	40 - 80	300 - 500
<b>A-2-5 Gravoso</b>	Grava Areno Limosa				
<b>A-2-4 Arenoso</b>	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
<b>A-2-5 Arenoso</b>	Arena Gravo Limosa				
<b>A-2-6 Gravoso</b>	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
<b>A-2-7 Gravoso</b>	Grava Areno Arcillosa				
<b>A-2-6 Gravoso</b>	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
<b>A-2-7 Gravoso</b>	Arcilla Grava Arenosa				

Nota: La tabla muestra la relación de clasificación de materiales granulares muy finos para nuestra clasificación de Grava Areno Arcillosa presenta un CBR límite hasta 40, según la Guía de Diseño Versión 1997, mientras que, para Araujo, 2014; en su tesis Ecuaciones de correlación de CBR con propiedades de índice de suelos para la ciudad de Piura, Determina los parámetros CBR para Gravas Areno Arcillosa en 25 – 47 %, cumpliendo con el requerimiento.

– **Resultados de ensayos estándar**

**Tabla 13**

*Resumen de resultados de ensayos estándar*

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>M- 1</b>
<b>% Pasa Tamiz N° 10</b>	21.2
<b>% Pasa Tamiz N° 40</b>	1.9
<b>% Pasa Tamiz N° 200</b>	4.8
<b>Límite Líquido (%)</b>	27.5
<b>Límite Plástico (%)</b>	22.5
<b>Índice Plástico (%)</b>	5
<b>Clasificación SUCS</b>	GC

Nota: De los análisis obtenidos se logra observar que la granulometría está dentro de los parámetros establecidos según la gradación planteada por el Ministerio De Transportes Y Comunicaciones (MTC), gradación “B”, excepto para reducir en contenido del material pasante en las mallas de 1, ¾, ½, 3/8, para que pueda cumplir con lo propuesto por la norma; además, según Especificaciones Técnicas para la Construcción de Carreteras del 2013, indica para zonas menores a 3000 m.s.n.m. El indicativo a la maleabilidad podrá ser como límite al 6% por tanto esta cumple con la especificación.

– **Resultados de ensayos especiales**

**Tabla 14**

*Resumen de resultados de ensayos especiales*

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CANTERA</b>	
<b>Proctor Modificado</b>	
<b>Densidad Seca Máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.038
<b>Cont. De humedad óptimo (%)</b>	13.08
<b>Resistencia a la degradación</b>	

---

<b>Abrasión (%)</b>	31.9
---------------------	------

---

Nota: De los resultados especiales, podemos observar que la humedad óptima de compactación es de 13.08%, densidad seca máxima 2.038 g/cm<sup>3</sup>, y un porcentaje máximo de desgaste de 31.9 %, cumpliendo para ser usado como subbase ya que el porcentaje de desgaste es menor al propuesto en las Especificaciones Técnicas para la Construcción de Carreteras del 2013, donde indica que las muestras deben tener un porcentaje máximo de desgaste de 50%.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio de materiales pétreos es de gran importancia en el campo de la geología, desde años de las primeras civilizaciones estos han sido usados para dar solución a problemas que ha tenido la humanidad, en la actualidad con el avance de la ciencia, se han propuesto diversas normas y se han establecido estándares para poder mejorar estos métodos, estudiando a estos desde su matriz de origen, cuantificando su resistencia, grado de compactación, humedad óptima y resistencia al desgaste, ítems principales para poder garantizar un proyecto ingenieril de gran envergadura.

Durante el desarrollo de la investigación hemos tenido en cuenta detallar cada uno de estos ensayos realizado en laboratorio de los materiales pétreo de la formación chimú para uso como sub base en el mejoramiento de las autopistas de la ciudad de Cajamarca considerando el reglamento de Definiciones Metodológicas en la Fabricación de Autopistas del 2013 propuesto por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), así como las normas ASTM, para la clasificación de suelos.

La investigación se basó en caracterizar las propiedades de la formación Chimú, con el fin de ser usada como material geotécnico en obras civiles, Baez en el año 2020, realiza una clasificación geomecánica de la Formación Chimú, teniendo como uno de sus resultados la resistencia de compresión entre 55 – 110 Mpa, relacionado con la resistencia al desgaste de la muestra en la prueba de abrasión de 31.9% por lo que podemos afirmar que estos dos factores se relacionan directamente.

En cuanto a los resultados obtenidos, se puede indicar que el material en estudio cumple en gran medida con los parámetros establecidos por las Especificaciones Técnicas para la Construcción de carreteras del año 2013, debido a la granulometría de la muestra es bien

gradada solo con recomendaciones de disminuir las grabas de las mallas de 1,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{8}$  de pulgada, en cuanto a la resistencia a la abrasión se encuentra dentro del parámetro establecido y el índice de plasticidad ligeramente sobre el estándar, es posible que estos datos puedan mejorar en cuanto se avance en el corte de explotación del material en estudio.

Como limitaciones de la investigación es que solo se ha desarrollado los ensayos en gravas, arenas y limos, no se consideró materiales retenidos en la malla de 4' debido a que no son considerados como materiales de sub base, además el muestreo se dio en zonas de explotación, canteras, en el afloramiento superior de la formación Chimú, debido a que las zonas bajas se encuentra mayor contenido de lutitas y arcillas, las que son perjudiciales sub base debido a su capacidad expansiva.

Se recomienda que el estudio se complemente con estudios CBR sobre la correlación de carga de California para determinar el nivel óptimo de compactación que pueden lograr los materiales de la Formación Chimú, ya que el estudio utilizó datos de correlación consistentes con estudios anteriores.

## CONCLUSIONES

- La calidad de los agregados analizados de la formación Chimú, son buenos, de acuerdo a los parámetros delimitados por el Manual de carreteras del Ministerio de Transporte y comunicaciones, cumpliendo con la gradación granulométrica propuesta para materiales usados en zonas menores a los 3000 m.s.n.m, además se logró evidenciar que la roca se trata de arenisca cuarzosa de gran resistencia para ensayos de abrasión, lo que hace que esta formación pueda usarse como material de sub base en autopistas de Cajamarca.

### PRIMERA

Se identificó la formación Chimú en Aylambo - Agomarca, compuesta por rocas areniscas blanquecinas y marrones, con minerales como limonita, goethita y jarosita. En algunas áreas, se observan estratos sólidos de areniscas cuarzosas de mediana potencia.

### SEGUNDA

Se clasificó geotécnicamente la formación Chimú como grava arcillosa, arena y arcilla, con un 64.2% de grava, 31% de arena y 4.8% de finos. El índice de plasticidad es 5.0, con una humedad natural que da un índice de 5.8%, típico de gravas arcillosas. Además, el porcentaje de desgaste es 31.9%, la humedad óptima corregida es 13.8 y la densidad seca corregida es 2.038.

### TERCERA

Se analizó la calidad de la formación Chimú, concluyendo que puede usarse como material de subbase, siempre que se mejore la gradación granulométrica y se mantenga el índice de plasticidad por debajo del 6%. Los parámetros de abrasión cumplen con los límites establecidos en las Especificaciones Técnicas para la Construcción de Carreteras de 2013.

## Referencias

- Alcalde, S. (2015). *Evaluación del agregado proveniente de la cantera “Río Cajamarquino” para la elaboración de concreto permeable para pavimento rígido, Cajamarca 2015* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7333/ALCALDE%20PA REDES\\_TESIS\\_PDF\\_COMPLETA.pdf?sequence=9&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7333/ALCALDE%20PA REDES_TESIS_PDF_COMPLETA.pdf?sequence=9&isAllowed=y)
- Aliaga, M. (2017). *Análisis comparativo del material para base y sub base de las canteras Umuto y Sicaya en pavimento flexible de subrasante de CBR menor al 10%, Huancayo 2017* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana Los Andes. <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/243/Aliaga%20Arqui%20Mirko.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, T., & Sarmiento, J. (2023). *Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de Lurín, departamento de Lima* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/528141/Tesis;jsessionid=F86848BFD06B637B94050CA7157525BF?sequence=1>
- Campos, A., & Irigoín, I. (2019). Deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota. *Revista Ciencia Norandina*. <https://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/download/40/46/48>
- Canaza, J. (2020). *Evaluación de las propiedades de los materiales de base y sub base para pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero* (Tesis de licenciatura). Universidad Continental. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9034/4/IV\\_FIN\\_105\\_TI\\_Canaza\\_Canaza\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9034/4/IV_FIN_105_TI_Canaza_Canaza_2020.pdf)
- Carranza, J., & Paredes, M. (2018). *Evaluación técnico-económica de los agregados producidos por las canteras de la provincia de Chiclayo para fines de obras viales* (Tesis de licenciatura). Universidad Señor de Sipán.

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4434/Carranza%20Morales%20-%20Paredes%20Quintana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, W. (2010). *Mesozonificación ecológica y económica para el desarrollo sostenible de la provincia de Satipo*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. [http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion\\_1505.pdf](http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1505.pdf)

Cely, N., Palacios, W., & Caicedo, A. (2023). *Conceptos y enfoques de metodología de investigación*. Universidad Francisco de Paula Santander. <https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/6728/CONCEPTOS%20Y%20ENFOQUES%20DE%20METODOLOG%20C3%8DA%20DE%20LA%20INVESTIGACI%20C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuzcano, R. (2022). *Analizar los agregados de río y cerro en la resistencia del concreto  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  para diseñar el canal Pampaca, Lima 2022* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97194/Cuzcano\\_RRS-SD.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97194/Cuzcano_RRS-SD.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Dirección Regional de Caminos y Ferrocarriles. (2013). *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)


Espinel, M. (2022). *Estudio geológico para la factibilidad económica de una planta metalúrgica de minerales preciosos en la provincia de Otuzco del departamento de La Libertad, Perú* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe/bitstreams/1ae293a3-7f6f-4324-a7a9-69fe482b38b4/download>

- García, M. (2016). *Metodología de la investigación*. Recuperado el 7 de enero de 2019, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lad/garcia\\_m\\_f/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/garcia_m_f/capitulo4.pdf)
- Guzmán, A., Zambrano, M., & Zavala, M. (2014). *Análisis de calidad físico y mecánico de los agregados pétreos para concreto, de los principales bancos de materiales de la zona oriental de El Salvador* (Tesis de licenciatura). Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6274/1/50107996.pdf>
- Hernández, E. (2020). *Estudio comparativo de resistencias de hormigón de 240 kg/cm<sup>2</sup> usando los agregados finos, entre el río Portoviejo y el río Chone de la provincia de Manabí* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/2501>
- Huamaní, L. (2018). *Estudio de la potencialidad de canteras y botaderos para la conservación del medio ambiente en la construcción de la autopista Puno – Juliaca* (Tesis de licenciatura). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2894666>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2013). *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción*. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)
- Martínez, L. (2020). Observación naturalista: características de esta herramienta de investigación. *Psicología y Mente*. <https://psicologiaymente.com/psicologia/observacion-naturalista>
- Monteros, E. (2019). *Incidencia de la calidad de agregados y calidad de agua en el tiempo de mezcla de micropavimentos dentro del Distrito Metropolitano de Quito* (Tesis de licenciatura). Universidad San Francisco de Quito. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10281/1/127026.pdf>


- Neri, L. (2018). *Calidad del material de base y subbase para vías pavimentadas, en tres canteras de la provincia de Trujillo, 2018* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32024>
- Pérez, H., & Pérez, J. (2022). *Análisis y propuesta de mejoramiento de la seguridad vial y reducción de los accidentes de tránsito en la intersección de las Avenidas Vía de Evitamiento Sur y Atahualpa, Cajamarca - 2021* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32071/TESIS%20FINAL-HFPC\\_JAPR\\_Oct%202022\\_PDF\\_TOTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32071/TESIS%20FINAL-HFPC_JAPR_Oct%202022_PDF_TOTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vélez, B., & Ruiz, W. (2022). *Estudio de los agregados pétreos de las canteras de Manabí y la dosificación del hormigón en la construcción de viviendas de interés social* (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9042980.pdf>
- Santos, A., & Lira, J. (2019). *Fundamentos de ingeniería de pavimentos*. Editorial Académica Española. [https://www.researchgate.net/publication/336736795\\_Santos\\_et\\_al\\_201](https://www.researchgate.net/publication/336736795_Santos_et_al_201)

## ANEXOS

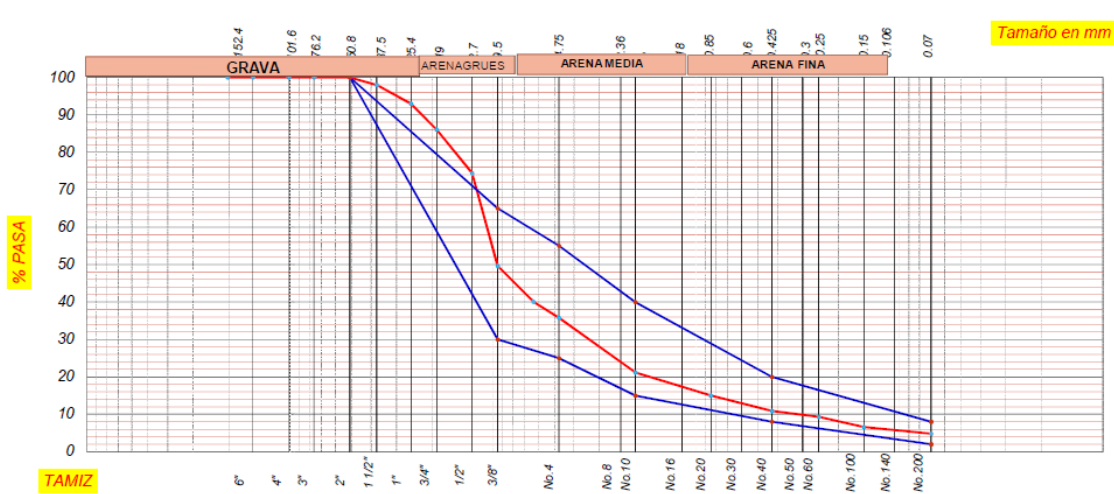
**Anexo 1: Resultados análisis granulométrico.**

		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450	
<b>Título:</b> CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 4643 / D 2216		<b>Código de control No.</b> F2-20-J	
<b>No de revisión:</b> 2	<b>Formato-Fecha de revisión:</b> 20-Jun-16		<b>Página</b> 1 de 1
<b>Obra:</b> "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA FORMACIÓN CHIMU PARA EL USO COMO SUB BASE EN AUTOPISTAS, CAJAMARCA 2023"		<b>Fecha muestreo:</b> 11-Oct-23	
<b>Descripción:</b> CANTERA GAVILAN		<b>Curva No.</b> CC-ECME-001/2023.	
<b>Muestreado por:</b> DAVID			
<b>Solicitado por:</b> TESISITAS			
<b>Condiciones de Secado:</b> 60°C / 110°C <input checked="" type="checkbox"/>		<b>Método :</b> Homo ( <input type="checkbox"/> ) <input checked="" type="checkbox"/> Microonda ( <input type="checkbox"/> )	
<b>Muestra No.</b>	CC-ECME-001/2023.		
<b>Ubicación</b>	E - -	N - -	C - -
<b>Profundidad</b>			
<b>Muestra o ensayo</b>	1	2	3
<b>RECIPIENTE No</b>	R - 05	S - 06	
<b>Pr + Ph - A</b>	907.0	896.0	
<b>Pr + Ps - B</b>	854.0	844.0	
<b>Pr - C</b>	65.0	79.0	
<b>Pa - D = A - B</b>	53.0	52.0	
<b>Ps - E = B - C</b>	789.0	765.0	
<b>% H (D/E) * 100</b>	6.7	6.8	Promedio = 6.8
<b>CLASIFICACION SUCS</b>	GC		
<b>OBSERVACIONES</b>			
Pr = PESO DEL RECIPIENTE Ph = PESO HUMEDO Pa = PESO AGUA Ps = PESO SECO %H = HUMEDAD			
<b>EJECUTO</b>		<b>REVISO</b>	
TÉCNICO LABORATORIO KAOLYN S.A.C NOMBRE Y FIRMA		RESIDENTE NOMBRE Y FIRMA	
		<b>APROBO</b>	
		INGENIERO SUPERVISOR QC NOMBRE Y FIRMA	

**Anexo 2: Resultados análisis granulométrico.**


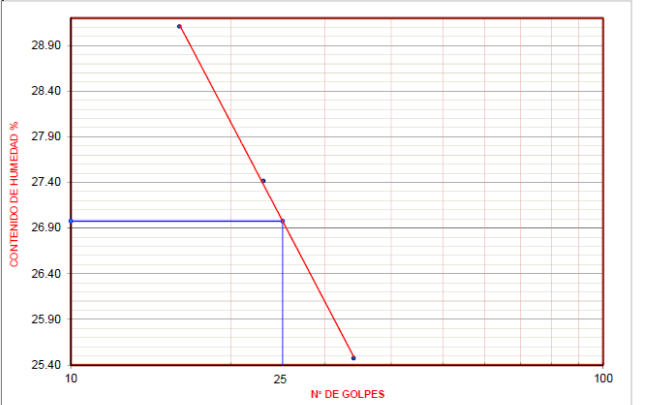
		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr.PRÓCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450																																																																																																																														
<b>Título:</b> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422 / C136			<b>Código de control No.</b> F3C-20-J																																																																																																																													
<b>No de revisión:</b> 3	<b>Fecha de revisión:</b> 11-Oct-23		<b>Página</b> 1 de 1																																																																																																																													
<b>Obra</b> "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA FORMACIÓN CHIMÚ PARA EL USO COMO SUB BASE EN AUTOPISTAS, CAJAMARCA 2023"		<b>Fecha muestreo:</b> 11-Oct-23																																																																																																																														
<b>Localización E =</b> - <b>N =</b> - <b>C =</b> ----																																																																																																																																
<b>Descripción:</b> CANTERA GAVILAN		<b>Curva No.</b> CC- ECME- 001 /2023.																																																																																																																														
<b>Muestreado por:</b> DAVID																																																																																																																																
<b>Solicitado por:</b> TESISISTAS																																																																																																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tamaño Tamiz</th> <th>Peso Reten. Acumulado</th> <th>% Retenido</th> <th>% Pasa</th> <th>Especif. Nivel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td>100</td></tr> <tr><td>6"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>587.2</td><td>2.0</td><td>98.0</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>2043.2</td><td>7.0</td><td>93.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>4046.3</td><td>13.9</td><td>86.1</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>7474.3</td><td>25.6</td><td>74.4</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>14675.2</td><td>50.4</td><td>49.6</td><td>30 65</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>17451.1</td><td>59.9</td><td>40.1</td><td></td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>18695.6</td><td>64.2</td><td>35.8</td><td>25 55</td></tr> <tr><td>No. 8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>204.6</td><td>78.8</td><td>21.2</td><td>15 40</td></tr> <tr><td>No. 16</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>291.2</td><td>85.0</td><td>15.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>348.6</td><td>89.1</td><td>10.9</td><td>8 20</td></tr> <tr><td>No. 50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>371.1</td><td>90.7</td><td>9.3</td><td></td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>409.1</td><td>93.4</td><td>6.6</td><td></td></tr> <tr><td>No. 140</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>434.6</td><td>95.2</td><td>4.8</td><td>2 8</td></tr> <tr><td>Platillo</td><td>192.3</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Especif. Nivel	8"	0.0	0.0	100.0	100	6"	0.0	0.0	100.0		4"	0.0	0.0	100.0		3"	0.0	0.0	100.0		2"	0.0	0.0	100.0	100	1 1/2"	587.2	2.0	98.0		1"	2043.2	7.0	93.0		3/4"	4046.3	13.9	86.1		1/2"	7474.3	25.6	74.4		3/8"	14675.2	50.4	49.6	30 65	1/4"	17451.1	59.9	40.1		No. 4	18695.6	64.2	35.8	25 55	No. 8					No. 10	204.6	78.8	21.2	15 40	No. 16					No. 20	291.2	85.0	15.0		No. 30					No. 40	348.6	89.1	10.9	8 20	No. 50					No. 60	371.1	90.7	9.3		No. 100	409.1	93.4	6.6		No. 140					No. 200	434.6	95.2	4.8	2 8	Platillo	192.3				<b>Cantidad de suelo que pasa el tamiz No. 4 (Compactación AASHTO):</b> [1-(contenido de humedad (-No.4)/100*(6000g ó 13.231 lb))*(No. 4)^(-2)] <b>Cantidad de suelo entre los tamices 3/4 y N°4 (Compactación AASHTO):</b> 1.01*(6000 ó 13.231 lb)*[(-2)^(-No.4)](-2) <b>Condiciones de Secado y Lavado del suelo Retenido en la malla N° 4</b> Secado a 110°C sin lavar.		
Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Especif. Nivel																																																																																																																												
8"	0.0	0.0	100.0	100																																																																																																																												
6"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
2"	0.0	0.0	100.0	100																																																																																																																												
1 1/2"	587.2	2.0	98.0																																																																																																																													
1"	2043.2	7.0	93.0																																																																																																																													
3/4"	4046.3	13.9	86.1																																																																																																																													
1/2"	7474.3	25.6	74.4																																																																																																																													
3/8"	14675.2	50.4	49.6	30 65																																																																																																																												
1/4"	17451.1	59.9	40.1																																																																																																																													
No. 4	18695.6	64.2	35.8	25 55																																																																																																																												
No. 8																																																																																																																																
No. 10	204.6	78.8	21.2	15 40																																																																																																																												
No. 16																																																																																																																																
No. 20	291.2	85.0	15.0																																																																																																																													
No. 30																																																																																																																																
No. 40	348.6	89.1	10.9	8 20																																																																																																																												
No. 50																																																																																																																																
No. 60	371.1	90.7	9.3																																																																																																																													
No. 100	409.1	93.4	6.6																																																																																																																													
No. 140																																																																																																																																
No. 200	434.6	95.2	4.8	2 8																																																																																																																												
Platillo	192.3																																																																																																																															
		<b>Peso suelo Húmedo que pasa (g)</b> 10738.4 <b>Peso suelo seco que pasa (g)</b> 10,445.9 <b>Peso suelo seco retenido (g)</b> 18695.6 <b>Peso suelo seco total (g)</b> 29141.5																																																																																																																														
		<b>OVER=</b> 0.0 % <b>CLASIFICACIÓN SUCS:</b> Cu= 15.52 <b>GRAVA=</b> 64.2 % <b>GC</b> Cc= 2.36 <b>ARENA=</b> 31 % <b>COLOR:</b> <b>FINOS=</b> 4.8 % <b>MARRÓN</b>																																																																																																																														
<b>DESCRIPCIÓN: GRAVA ARCILLOSA, MEZCAL DE GRAVAS, ARENA Y ARCILLA</b>																																																																																																																																
		<b>Contenido de humedad de la fracción de Suelo que pasa la malla N° 4</b> % de suelo seco que pasa la malla No. 200																																																																																																																														
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No. Tara</th> <th>P - 06</th> <th>No. Tara</th> <th>P - 06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Humedo + Tara</td> <td>584.0</td> <td>Peso Seco + Tara</td> <td>570.0</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco + Tara</td> <td>570.0</td> <td>Peso Seco Lavado + Tara</td> <td>502.6</td> </tr> <tr> <td>Peso de Tara</td> <td>68.0</td> <td>Peso de Tara</td> <td>68.0</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua</td> <td>14.0</td> <td>Suelo Seco (-No. 200) g</td> <td>67.4</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco</td> <td>502.0</td> <td>Suelo Seco (+No. 200) g</td> <td>434.6</td> </tr> <tr> <td>Cont. de humedad %</td> <td>2.8</td> <td>Suelo Seco (-No. 200) %</td> <td>4.8</td> </tr> </tbody> </table>		No. Tara	P - 06	No. Tara	P - 06	Peso Humedo + Tara	584.0	Peso Seco + Tara	570.0	Peso Seco + Tara	570.0	Peso Seco Lavado + Tara	502.6	Peso de Tara	68.0	Peso de Tara	68.0	Peso del Agua	14.0	Suelo Seco (-No. 200) g	67.4	Peso Seco	502.0	Suelo Seco (+No. 200) g	434.6	Cont. de humedad %	2.8	Suelo Seco (-No. 200) %	4.8																																																																																																	
No. Tara	P - 06	No. Tara	P - 06																																																																																																																													
Peso Humedo + Tara	584.0	Peso Seco + Tara	570.0																																																																																																																													
Peso Seco + Tara	570.0	Peso Seco Lavado + Tara	502.6																																																																																																																													
Peso de Tara	68.0	Peso de Tara	68.0																																																																																																																													
Peso del Agua	14.0	Suelo Seco (-No. 200) g	67.4																																																																																																																													
Peso Seco	502.0	Suelo Seco (+No. 200) g	434.6																																																																																																																													
Cont. de humedad %	2.8	Suelo Seco (-No. 200) %	4.8																																																																																																																													




<b>OBSERVACIONES</b> #IREF! #JREF!		
<b>EJECUTO</b>  TÉCNICO LABORATORIO KAOLYN S.A.C NOMBRE Y FIRMA	<b>REVISO</b>  RESIDENTE NOMBRE Y FIRMA	<b>APROBO</b>  INGENIERO SUPERVISOR QC NOMBRE Y FIRMA


**Anexo 3: Resultados límites de consistencia (Límite líquido y Plástico).**

		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450																									
<b>Título:</b> LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318		<b>Código de control No.</b> F1-20-J																									
<b>No de revisión:</b> 1		<b>Fecha de revisión:</b> 11-Oct-23																									
		<b>Página</b> 1 de 1																									
<b>Obra:</b> "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA FORMACIÓN CHIMÚ PARA EL USO COMO SUB BASE EN AUTOPISTAS, CAJAMARCA 2023"																											
<b>Localización E =</b> - <b>N =</b> - <b>C =</b> ---		<b>Fecha muestreo:</b> 11-Oct-23																									
<b>Descripción:</b> CANTERA GAVILAN		<b>Curva No.</b> CC- ECME- 001 /2023.																									
<b>Muestra No.:</b> CC- ECME- 001 /2023.																											
<b>Solicitado por:</b> TESISISTAS																											
<b>Muestreado por:</b> DAVID																											
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>																											
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>																											
<b>Muestra o ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>																								
<b>No DE GOLPES</b>	16	23	34																								
<b>RECIPIENTE No</b>	L - 16	P - 06	E - 20																								
<b>Pr + Ph</b>	56.16	62.81	66.20																								
<b>Pr + Ps</b>	49.50	54.30	58.41																								
<b>Pa</b>	6.66	8.51	7.79																								
<b>Pr</b>	26.62	23.26	27.83																								
<b>Ps</b>	22.88	31.04	30.58																								
<b>% DE HUMEDAD</b>	29.11	27.42	25.47																								
			<b>Promedio = 28.3</b>																								
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>																											
<b>RECIPIENTE No</b>	P - 44	B - 11																									
<b>Pr + Ph</b>	31.30	29.60																									
<b>Pr + Ps</b>	29.40	28.20																									
<b>Pa</b>	1.90	1.40																									
<b>Pr</b>	21.40	21.60																									
<b>Ps</b>	8.00	6.60	<b>Promedio= 22.5</b>																								
<b>% H</b>	23.75	21.21																									
		<b>HUMEDAD NATURAL %:</b> 6.8 <b>LÍMITE LÍQUIDO %:</b> 28.3 <b>LÍMITE PLÁSTICO %:</b> 22.5 <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD %:</b> 5.8																									
		<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No. Golpes</th> <th>Factor K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>0.974</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.979</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.985</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.990</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.995</td></tr> <tr><td>25</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>26</td><td>1.005</td></tr> <tr><td>27</td><td>1.009</td></tr> <tr><td>28</td><td>1.014</td></tr> <tr><td>29</td><td>1.018</td></tr> <tr><td>30</td><td>1.022</td></tr> </tbody> </table>		No. Golpes	Factor K	20	0.974	21	0.979	22	0.985	23	0.990	24	0.995	25	1.000	26	1.005	27	1.009	28	1.014	29	1.018	30	1.022
No. Golpes	Factor K																										
20	0.974																										
21	0.979																										
22	0.985																										
23	0.990																										
24	0.995																										
25	1.000																										
26	1.005																										
27	1.009																										
28	1.014																										
29	1.018																										
30	1.022																										
OBSERVACIONES:																											
<b>Pr= PESO DEL RECIPIENTE</b>		<b>TEMPERATURA DE SECADO</b>																									
<b>Ph= PESO HUMEDO</b> <b>Pa = PESO AGUA</b>		<b>PREPARACION DE LA MUESTRA</b>																									
<b>P<sub>s</sub>= PESO SECO</b> <b>%H = HUMEDAD</b>		<b>60° C</b> <b>AMBIENTE</b>																									
		<b>60° C</b> <b>110° C</b>																									
		<b>AGUA USADA</b>																									
		<b>DESTILADA</b> <b>OTRA</b>																									
		<b>POTABLE</b>																									
<b>EJECUTÓ</b>		<b>REVISÓ</b>																									
<b>APROBÓ</b>																											
TÉCNICO LABORATORIO KAOLYN S.A.C NOMBRE Y FIRMA		RESIDENTE NOMBRE Y FIRMA																									
INGENIERO SUPERVISOR QC NOMBRE Y FIRMA																											
FECHA		FECHA																									
		FECHA																									

**Anexo 4: Resultados resistencia a la abrasión – Máquina los Angeles.**

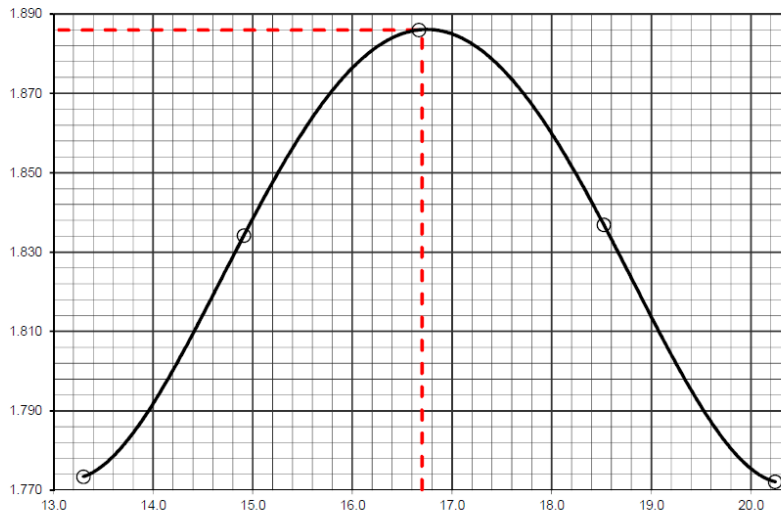
		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450						
<b>Título:</b> ABRASION DE AGREGADOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C131/C535		Código de Control Nro. F8-23						
Nro de Revisión: 01	Fecha de Revisión: 11-Oct-23	Página 1 de 1						
<b>Proyecto:</b> "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA FORMACIÓN CHIMÚ PARA EL USO COMO SUB BASE EN AUTOPISTAS, CAJAMARCA 2023"		<b>F. Muestreo:</b> 11-Oct-23 <b>COLOR:</b> MARRÓN						
<b>Coordenadas:</b> E: _____ N: _____ Z: _____ <b>Descripción:</b> CANTERA <b>Ensayo N°:</b> MUESTRA 01 <b>Muestreado por:</b> DAVID <b>Solicitado por:</b> BACHILLERES								
<b>Prueba</b>	<b>1</b>							
Gradación usada	A							
No de esferas	12							
No de revoluciones	500							
Peso muestra seca antes de ensayo ( g )	5001.3							
Peso muestra seca después de ensayo ( g )	3404.0							
Pérdida ( g )	1597.3							
% de desgaste	<b>31.9</b>							
Especificación % menor de	----							
DATOS SOBRE GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES								
TAMAÑO DEL TAMIZ		PESOS Y GRADACION DE LA MUESTRA ( g )						
PASA	RETENIDO	A	B - (A)	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"							
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"	1250.3						
1"	3/4"	1250.4						
3/4"	1/2"	1250.3						
1/2"	3/8"	1250.3						
3/8"	1/4"							
1/4"	N°4							
N°4	N°8							
No de esferas		12						
No de revoluciones		500						
<b>OBSERVACIONES:</b>								
EJECUTO			REVISO			APROBO		
TÉCNICO LABORATORIO KAOLYN S.A.C <small>NOMBRE Y FIRMA</small>			RESIDENTE <small>NOMBRE Y FIRMA</small>			INGENIERO SUPERVISOR QC <small>NOMBRE Y FIRMA</small>		
FECHA			FECHA			FECHA		

**Anexo 5: Ensayo de relación densidad VS. Humedad – Humedad óptima.**

			
<b>Título:</b> RELACIÓN DENSIDAD Vs HUMEDAD (Próctor) ASTM D 698 / 1557		<b>Código de control:</b> F4A-10-OC	
<b>Nro de revisión:</b> 2	<b>Fecha de revisión:</b> Oct-13	<b>Página</b> 1 <b>de</b> 1	
<b>Obra:</b> "ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA FORMACIÓN CHIMÚ PARA EL USO COMO SUB BASE EN AUTOPISTAS, CAJAMARCA 2023"		<b>Fecha de muestreo:</b> 11-Oct-23	
<b>Localización:</b> E = ----	<b>N =</b> ----	<b>C =</b> ----	
<b>Descripción:</b> CLASIFICACIÓN Y C.B.R		<b>Capa =</b> -	
<b>Muestra No.:</b> KISAC-LMS-027-2023		<b>Curva No. =</b> -	
<b>Solicitado por:</b> Bachilleres			
<b>Muestreado por:</b> David			

DETERMINACIÓN	1	2	3	4	5
Agua Agregada	8%	10%	12%	14%	16%
Peso Molde + material húmedo	6120.0	6205.0	6285.0	6265.0	6225.0
Peso del molde (g).	4385.00	4385.00	4385.00	4385.00	4385.00
Peso de material húmedo (g).	1735.0	1820.0	1900.0	1880.0	1840.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ).	863.50	863.50	863.50	863.50	863.50
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ).	2.009	2.108	2.200	2.177	2.131
Cápsula + material húmedo (g).	1275.0	1096.0	1035.0	1008.0	1117.0
Cápsula + material seco (g).	1140.0	970.0	910.0	870.0	950.0
Peso del agua (g).	135.0	126.0	125.0	138.0	167.0
Número de cápsula	G-02	G-01	G-03	G-04	G-05
Peso de la cápsula (g).	125.0	125.0	160.0	125.0	125.0
Peso de suelo seco (g).	1015.0	845.0	750.0	745.0	825.0
Contenido de agua (%).	13.3	14.9	16.7	18.5	20.2
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ).	1.773	1.834	1.886	1.837	1.772

<b>Tipo molde:</b> X 4" 6" diámetro	<b>Volumen Molde:</b> 863.50	<b>T° Secado:</b> 60°C/110°C X	<b>Peso molde:</b> 4385.0 g
<b>Metodo:</b> A X B C	<b>CC:</b> CC		<b>ASTM:</b> X 698/1557
<b>Clasificación SUCS:</b> GC			


 DENSIDAD MAXIMA (gr/cm<sup>3</sup>)  
 1.886

 HUMEDAD OPTIMA %  
 16.7


 CORREGIDO  
 DENSIDAD MAXIMA (gr/cm<sup>3</sup>)  
 2.038

 HUMEDAD OPTIMA %  
 13.8

OBSERVACIONES: MUESTREADO EN NARANJOMAYO

EJECUTÓ	APROBÓ	RESULTADO
JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA	INGENIERO RESPONSABLE DE KAOLYN SAC NOMBRE Y FIRMA	<input type="radio"/> CUMPLE <input type="radio"/> NO CUMPLE <input type="radio"/> NO APLICA
<b>FECHA</b>	<b>FECHA</b>	

**Anexo 6: Corrección del Próctor.**

		
<b>Título:</b>	<b>CORRECCIÓN DE PRÓCTOR POR GRAVA ASTM D 4718</b>	<b>Código de control:</b> <b>F4B-10-OC</b>
Nro de revisión:	2	Fecha de revisión: <b>Oct-13</b> <b>Página 1 de 1</b>

Obra	"ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGREGADOS DE LA FORMACION CHIMU PARA EL USO COMO SUB BASE EN AUTOPISTAS, CAJAMARCA 2023"		Fecha de muestreo:	<b>11-Oct-23</b>
Localización	E = ----	N = ----	C =	----
Descripción	CLASIFICACIÓN Y C.B.R		Curva No.	
Muestra No.:	KISAC-LMS-027-2023			
Solicitado por:	Bachilleres			
Muestreado por:	David			

**A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total**

3/8	<u>26.5</u>	% retenido en 3/8"	(Nota 1)
C.H.	<u>5.8</u>	%	
3/8	<u>73.5</u>	% pasante en 3/8"	
C.H.	<u>16.7</u>	%	
C.H. Corregido =		$(0.265 \times 0.058) + (0.735 \times 0.167)$	= <b>13.8 %</b>

**B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total**

1.886 gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección  
(Ver curva adjunta)

$DCS = [100 * (Df) * (Gm) * (Dw)] / [(Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf)]$

DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calculado	=	gr/cm3
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina	=	1.886 gr/cm3
Gm =	Peso Especifico de Grava	=	2.626 gr/cm3
Dw =	Peso Unitario de Agua	=	1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño >3/8	=	26.5 %
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina <3/8	=	73.5 %

$DCS = \frac{Df \cdot Gm \cdot Dw}{[100 * (1.886) * (2.626) * (1)] / [(1.886 * 26.5) + (2.62609970674487 * 1 * 73.5)]}$

DCS = **2.038 gr/cm3**

C.H. Corregido	<b>13.8</b>	%
Densidad Seca Corregida	<b>2.038</b>	gr/cm3

OBSERVACIONES: MUESTREADO EN NARANJOMAYO  
CALICATA 01 ( PROFUNDIDAD = 1.50 m )

EJECUTÓ	APROBÓ	RESULTADO
JEFE DE LABORATORIO NOMBRE Y FIRMA	INGENIERO RESPONSABLE DE KAOLYN SAC NOMBRE Y FIRMA	<input type="radio"/> CUMPLE <input type="radio"/> NO CUMPLE <input type="radio"/> NO APLICA
FECHA	FECHA	

### Anexo 07: Cantera de agregados Agomarca Aylambo



Fuente: elaboración propia.

### Anexo 08. Recolección de muestras en la cantera



Fuente: elaboración propia.

### Anexo 09. Identificación de la formación Chimú



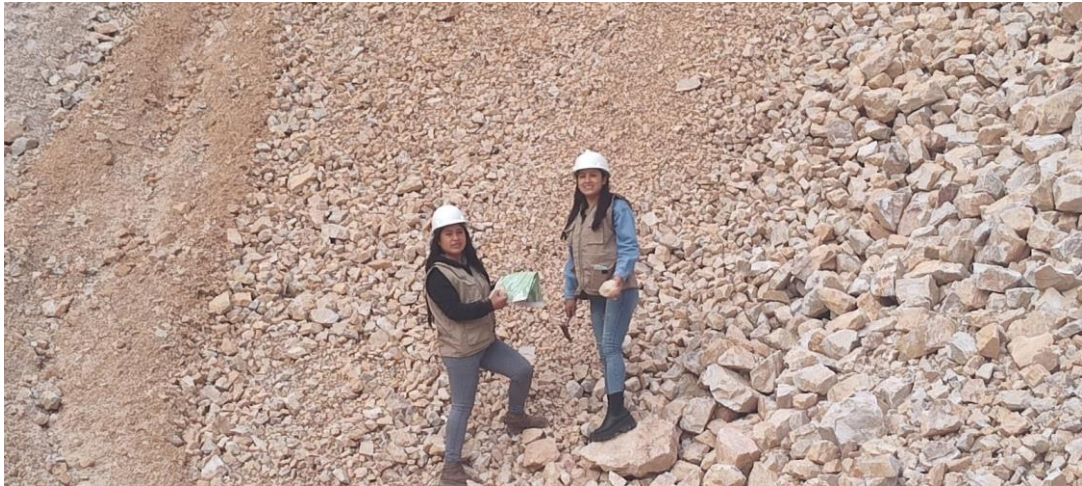
Fuente: elaboración propia.

### Anexo 10. Muestras obtenidas de la formación Chimú



Fuente: elaboración propia.

**Anexo 11. Cantera de la formación chimú**



**Fuente:** elaboración propia.

**Anexo 12. Muestras recolectadas de la cantera formación chimú**



**Fuente:** elaboración propia.