

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA  
CARRETERA PE-3N 1+413Km A 1+410Km DEL DISTRITO DE CHOTA**

**Para Optar el Título Profesional de:  
INGENIERO GEÓLOGO**

**Presentado por:**

**Bach. Líz Yessi Tafur Mírez**

**Asesor:**

**Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani**

**Cajamarca – Perú**

**-2022-**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a mis tres familias.

La primera familia, mis padres Enma y Víctor por su apoyo incondicional para poder terminar la carrera y a mis hermanos Gian, Saraí y Raúl por estar siempre a mi lado.

La segunda familia, mis hermanos en Cristo quienes me brindaron su sincera amistad y me dieron un buen ejemplo.

A mi tercera familia que son mis compañeros de universidad los cuales han sido un gran ejemplo en calidad de persona y como profesionales. Agradezco a Julia y Diana por los mejores años vividos.

Agradezco de forma especial a todos los docentes de la Escuela académico profesional ingeniería geológica por su dedicación a la enseñanza, a mí asesor el Ingeniero Zenón Quispe Mamani por su apoyo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Dios, Víctor y Enma, quienes me han  
dado todo en la vida.

## CONTENIDO

	Pág.
Agradecimiento.....	i
Dedicatoria.....	ii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras .....	x
Índice de gráficos.....	xi
Índice de fotografías .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

	Pág.
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	3
2.1.1. Antecedente Internacional.....	3
2.1.2. Antecedente Nacional. ....	3
2.1.3. Antecedente local.....	4
2.2. Bases Teóricas. ....	6
2.2.1. Sedimentación .....	6
2.2.1.1. Diagénesis. ....	6
2.2.2. Procesos de sedimentación .....	7
2.2.2.1. Formación de los sedimentos.....	7
2.2.2.2. Transporte de los sedimentos. ....	7

	Pág.
2.2.2.3. Ambiente sedimentario.....	7
2.2.4. Facies Sedimentarias.....	9
2.2.5. Petrología. ....	13
2.2.6. Petrología sedimentaria .....	13
2.2.7. Petrografía .....	14
2.2.8. Rocas sedimentarias clásticas y no clásticas. ....	14
2.2.9. Texturas de las rocas sedimentarias. ....	14
2.2.9.1. Texturas clásticas. ....	14
2.2.9.2. Parámetros Texturales .....	14
a. Tamaño de grano. ....	15
b. Clasificación (Selección).....	15
c. Forma.....	16
d. Esfericidad y redondez. ....	18
e. Redondez.....	18
f. Texturas superficiales.....	19
g. Empaque .....	19
h. Orientación .....	20
i. Madurez mineralógica y textural .....	21
j. Matriz .....	23
k. Cementante.....	23
l. Porosidad .....	24
2.2.9.3. Textura no clástica .....	24
2.2.10. Rocas volcanoclásticas.....	25
2.2.11. Facies Volcanoclásticas.....	25

	Pág.
2.2.12. Clasificación y descripción de las rocas sedimentarias .....	28
2.2.12.1. Clasificación de las rocas sedimentarias según su granulometría .....	28
2.2.13. Guía para la determinación macroscópica de las rocas sedimentarias .....	29
2.2.14. Determinación macroscópica de las rocas sedimentarias .....	32
2.2.15. Determinación microscópica de las rocas sedimentarias .....	32
2.3. Definición de términos básicos.....	33

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

	Pág.
3.1. Ubicación de la investigación .....	34
3.1.1 Geográfica .....	34
3.1.2 Política .....	34
3.1.3 Accesibilidad .....	34
3.1.4. Geología Local.....	35
3.1.5. Descripción general de los sedimentos .....	35
3.1.5.1. Punto de Control 1, 2 y 3.....	35
1. Punto de control 1. ....	35
2. Columna Estratigráfica .....	37
3. Punto de control 2 .....	38
4. Columna Estratigráfica .....	39
5. Punto de control 3 .....	40
6. Columna Estratigráfica .....	41
3.2. Procedimientos. ....	42
3.2.1. Etapa preliminar .....	42
3.2.2. Etapa de campo.....	42

	Pág.
3.2.3. Etapa de ensayos .....	42
3.2.4. Etapa de gabinete .....	42
3.2.1. Metodología .....	43
3.2.1.1 Población de estudio.....	43
3.2.1.2 Muestra.....	43
3.2.1.3 Unidad de análisis.....	44
3.2.2. Identificación de variables .....	44
3.2.2.1. Independientes .....	44
3.2.2.2. Dependientes .....	44
3.2.3. Técnicas .....	44
3.2.4. Instrumentos y equipos .....	44
3.2.4.1. Equipos.....	45
3.2.4.2. Materiales .....	45
3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentaciones de resultados.....	45
3.3.1. Petrografía por microscopía óptica.....	45

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

	Pág.
4.1. Resultados del estudio.....	46
4.1.1. Estudio Petrográfico/Muestra – 1 .....	46
4.1.1.1. Fotomicrografías/ Muestra – 1.....	49
4.1.2. Estudio Petrográfico/Muestra – 2 .....	52
4.1.2.1. Fotomicrografías/ Muestra – 2.....	55
4.1.3. Análisis granulométrico .....	57
4.1.3.1. Granulometría de Muestra – 3.....	57

	Pág.
4.1.3.2. Granulometría de Muestra – 4.....	59
4.1.4. Facies Sedimentarias.....	61
4.1.4.1. Facies conglomeráticas.....	61
4.1.4.2. Facies Arenosas .....	62
4.1.4.3. Facies Volcánicas .....	63
4.2. Ambiente de Sedimentación .....	63
4.3. Contrastación de la hipótesis .....	64

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Pág.
5.1. Conclusiones .....	65
5.2. Recomendaciones .....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	69



## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: Comparaciones estratigráficas de la Formación Chota. ....	4
Tabla 2: Clasificación de los ambientes sedimentarios. (Modificado de Boggs, 2009). ...	9
Tabla 3: Clasificación de Facies de gravas (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).....	10
Tabla 4: Clasificación de Facies de arenas (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).....	11
Tabla 5: Clasificación de Facies de fango (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).....	12
Tabla 6: Clasificación de Facies de arenas complementarias (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).....	13
Tabla 7: Granulométrica y clasificación de los sedimentos de Wentworth (1922) y Krumbein (1934). Modificado de Ulmen – Scolle (2014). ....	15
Tabla 8: La clasificación refleja los niveles de energía del agente de transporte. Se estima visualmente empleando la clasificación de Compton (1962). ....	16
Tabla 9: Principales formas de las partículas y la interpretación sobre su procedencia. Modificado de Stow, 2006. ....	17
Tabla 10: Términos de madurez mineralógica y su composición común. Modificado de Silva, 2011. ....	21
Tabla 11: Secuencia para determinar la madurez textural de Folk, 1968. Modificado de Pettijohn et al., 1987. ....	22
Tabla 12: Principales cementantes en rocas sedimentarias. Modificado de Stow 2006. ....	24
Tabla 13: Términos para rocas mixtas piroclásticas - epiclásticas. (Fisher y Schmincke, 1984). ....	26
Tabla 14: Términos y abreviaciones de las litofacies no - genéticas (Branney y Kokelaar, 2003). ....	27
Tabla 15: Clasificación granulométrica (Wentworth, 1922).....	28
Tabla 16: Clasificación granulométrica (Din, 1987). ....	28

	Pág.
Tabla 17: Guía para la determinación de las rocas sedimentarias. (Según Huang 1968). .....	31
Tabla 18: Accesibilidad a tramo de carretera PE-3N 1+413 - 1+410 Chota. ....	34
Tabla 19: Clasificación y tipos de investigación. ....	43
Tabla 20: Coordenadas de las muestras extraídas de roca y sedimentos de la Formación Chota. ....	43
Tabla 21: Resumen de resultados de ensayos granulométricos de Muestra - 3.....	57
Tabla 22: Resumen de resultados de ensayos granulométricos de Muestra - 3.....	59

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1: Un resumen de los principales ambientes sedimentarios. (Gary Nichols, 2009). .....	8
Figura 2: Principales medios sedimentarios. (Gary Nichols, 2009).....	8
Figura 3: Patrón para la estimación visual de la clasificación y sus términos descriptivos (clases) de Compton, 1962. (Los números en la parte inferior corresponden a valores de desviación estándar). Modificado de Stow, 2006. ....	16
Figura 4: Forma de los clastos en función a la relación entre sus diámetros de Zingg, 1935. Modificado de Nicols, 2009. ....	17
Figura 5: Esfericidad expresada en valores de 0.3 a 0.9 asociado con la forma de los clastos de Krumbein and Sloss (1963). Modificado de Pettijohn, 1975. ....	18
Figura 6: Ábacos visuales de esfericidad y redondez de los clastos, como la escala de comparación visual de Powers (1953) Modificado de Stow, 2003. ....	18
Figura 7: Tipos de empaque representado por partículas esféricas de igual tamaño, Graton, 1935. Modificado de Pettijohn, 1975. ....	19
Figura 8: Grano sostenido (A) y matriz sostenida (B). ....	19
Figura 9: Tipos de contactos entre granos, desde los soportados por la matriz hasta los granos suturados. Modificado de Castro 1989 y Pettijohn et al., 1987. ....	20
Figura 10: Orientación de las partículas en sedimentos gruesos y finos. Modificado de Stow, 2006. ....	20
Figura 11: Esquema para la estimación del grado de madurez mineralógica y textural de una roca sedimentaria detrítica, en función de la historia de transporte del sedimento. ....	22
Figura 12: Madurez textural de areniscas es mostrada en función de la energía cinética de Folk, 1951. Modificado de Boggs, 2009. ....	23
Figura 13: Esquema de la estructuración de una roca detrítica. ....	25
Figura 14: Clasificación de rocas volcanoclásticas. a) Por su Granulometría. (Fisher y Schmincke, 1984); b) Por su Composición. (Pettijohn y Otros., 1987). ....	26
Figura 15: Diagrama de clasificación de Dott (1964) para las areniscas que contiene menos del 15% de matriz (modificado de Murray, 1981) ....	29

	Pág.
Figura 16: Diagrama de clasificación de Dott (1964) para las grauvacas (modificado de Murray, 1981). .....	29
Figura 17: Clasificación de areniscas según Dott (1964). Modificado por Pettijohn et al. (1987). .....	30
Figura 18: Clasificación de areniscas. El triangulo de la derecha muestra la clasificación para sedimentos con menos del 15 % matriz de grano fino. El triángulo de la izquierda muestra la clasificación de las litarenitas. Modificado de Folk, 1980. ....	30

### **Índice de gráficos**

	Pág.
Gráfico N° 1: Limite líquido y limite plástico de Muestra - 3.....	58
Gráfico N° 2: Curvas de distribución granulométrica de Muestra - 3. ....	59
Gráfico N° 3: Limite líquido y limite plástico de Muestra - 4.....	60
Gráfico N° 4: Curvas de distribución granulométrica de Muestra – 3. ....	61

## Índice de fotografías

	Pág.
Fotografía 1: Primer punto de control en la progresiva PE - 3N 1+413, se evidencia la Formación Chota característica por la disposición de arenas masivas de colores violáceos en algunos estratos de coloración gris blanquecina y algunos otros con niveles de conglomerados. NW – SE.....	36
Fotografía 2: Contacto de las tres zonas: inferior, media y superior de la Formación Chota. NW-SE. ....	38
Fotografía 3: Tercer punto de control, ubicado en la progresiva 1+410, se distinguen por su coloración de las arenas y se observa el cambio de litología. NW-SE.....	40
Fotografía 4: Punto inicial 1+413, se observa la disposición de facies son de colores que van desde gris blanquecino a colores violáceos. NW – SE. N: 9273211, E: 760080, C: 2337.....	70
Fotografía 5: Vista de corte de carretera al frente del punto inicial, evidencia de la continuidad de la coloración. SE – NW. N: 9273202, E: 760126, C: 2339.....	70
Fotografía 6: A este punto es un recorrido de 500m aproximadamente indica ser de la misma composición y de la misma coloración. SE – NW. N: 9272987, E: 760322 C: 2358. ....	71
Fotografía 7: Contacto de facies sedimentarias, se observa limolitas y arcillitas de coloración pardo amarillenta. SE – NW. N: 9273027, E: 760586, C: 2396.....	71
Fotografía 8: Contacto de arenas de color gris con limolitas de color marrón anaranjado. NW – SE. N: 9273364, E: 760694, C: 2419.....	72
Fotografía 9: Disposición de forma horizontal de arenas intercalada con limolitas. NW – SE. N: 9273580, E: 760965, C: 2460. ....	72

## RESUMEN

La tesis se realizó en el distrito de Chota en cortes de la carretera Chota – Cajamarca en las progresivas PE-3N (Ruta Nacional o Tramo Norte de la Carretera Longitudinal de la Sierra en el Perú) 1+413Km al 1+410Km en las afueras de la ciudad, gracias a ello se ha logrado evidenciar el afloramiento de la Formación Chota, la cual carece de una descripción detallada de la petrografía sedimentaria y volcanoclásticas, por este motivo se planteó estudiar la petrografía de la Formación Chota. El objetivo principal es describir la petrografía de la Formación Chota mediante estudio macro y microscópicos de las muestras de rocas y sedimentos para identificar el nombre de la roca.

El procedimiento utilizado ha sido primero estudios previos de referenciarse de la literatura y estudios anteriores, ubicación satelital, seguido de etapa de campo que consistió en cartografiar la geología de la Formación Chota, levantamiento de columnas estratigráficas y extraer muestras para ensayos en laboratorios especializados: Laboratorio de Investigación y servicios para la actividad Minera e Industrial BIZALab que realizó el estudio de las secciones delgadas y el Laboratorio de Suelos de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimento Hurteco quien realizó los ensayos de granulometría.

Se concluye que las muestras de roca les corresponden a tobas cristalolíticas y las muestras de sedimentos según su granulometría están clasificadas como SM – Arena Limosa y GC – Grava arcillosa.

En su descripción de Facies sedimentarias se encontró arenas masivas, arenas estratificadas, intercalación de limos – arcillas, conglomerados con cantos redondeados. Además de encontrar en su composición de la mayoría de muestras clastos de origen volcánico.

Y en el ambiente de sedimentación se concluye que la Formación Chota presenta dos ambientes uno de transición y el otro continental.

Palabras Clave: Petrografía y Facies Sedimentarias.

## ABSTRACT

The thesis was carried out in the district of Chota in cuts of the Chota - Cajamarca highway in the progressive PE-3N (National Route or Northern Section of the Longitudinal Highway of the Sierra in Peru) 1 + 413Km to 1 + 410Km in the outskirts of the city, thanks to this it has been possible to show the outcrop of the Chota Formation, which lacks a detailed description of the sedimentary and volcanoclastic petrography, for this reason it was proposed to study the petrography of the Chota Formation. The main objective is to describe the petrography of the Chota Formation through macro and microscopic studies of rock and sediment samples to identify the name of the rock.

The procedure used has been first previous studies referencing the literature and previous studies, satellite location, followed by a field stage that consisted of mapping the geology of the Chota Formation, surveying stratigraphic columns and extracting samples for tests in specialized laboratories: Laboratory of Research and Services for the Mining and Industrial Activity BIZALab, which carried out the study of the thin sections, and the Hurteco Soil Mechanics, Concrete and Pavement Laboratory, which carried out the granulometry tests.

It is concluded that the rock samples correspond to crystallolytic tuffs and the sediment samples according to their granulometry are classified as SM - Silty Sand and GC - Clay Gravel.

In his description of sedimentary facies, massive sands, stratified sands, silt-clay intercalation, conglomerates with rounded edges were found. In addition to finding in its composition of the majority of samples clasts of volcanic origin.

And in the sedimentation environment it is concluded that the Chota Formation presents two environments, one of transition and the other continental.

Keywords: Petrography and Sedimentary Facies.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La Formación Chota pertenece al periodo geológico entre finales del Cretácico superior y los inicios del Paleógeno, está constituida litológicamente por tres zonas. La Zona inferior está representada por arenas, litoarenitas que su color varía de gris a violeta y rojo, presenta niveles de conglomerados redondeados – subredondeados en las arenas y también limo arcillas con una granulometría de grueso a finos en su mayoría. La Zona media en su composición tiene clastos redondeados, arenas, litoarenas de un color gris, de granos gruesos a finos; y limo arcillas de un color rojo violáceo con matriz arcillosa y la matriz de color que varía de marrón a amarillo. Y en la Zona superior encontramos conglomerados y rodados redondeados de composición volcánica y sedimentaria (Calizas y areniscas) en algunos lugares se evidencia la presencia de paquetes de flujos volcánicos conocidos como tufo volcánico.

En la actualidad en el distrito de Chota se han realizado cortes para la carretera Chota – Cajamarca en las afueras de la ciudad, gracias a ello se ha logrado evidenciar el afloramiento de la Formación Chota, la cual no cuenta con una descripción petrográfica sedimentaria y volcanoclásticas, por este motivo se hace el siguiente planteamiento del problema ¿Cómo es la petrografía de la Formación Chota?, de manera que la hipótesis propuesta es que la Formación Chota está constituida por conglomerados compuestos de rodados redondeados y subredondeados de composición areniscas y calizas de coloración gris parduzca y areniscas rojizas intercaladas con arenas y lutitas tobáceas de colores claros, verdosos y violáceos y a su vez se encuentran intercalado con tobas. El estudio a realizarse es transversal y el diseño de la investigación es descriptivo, correlacional y explicativo.

Las limitaciones de la investigación básicamente es el no contar con literatura o investigaciones recientes de la petrología característica de la Formación Chota.



La investigación tiene por objetivo general describir la petrografía de la Formación Chota mediante estudio macro y microscópicos de las muestras de rocas y sedimentos para identificar el nombre de la roca, para posterior correlación e interpretación.

Tiene como objetivos específicos: Cartografiar petrográficamente la Formación, Identificar ambiente de sedimentación y elaborar columnas estratigráficas.

Los capítulos de la investigación se ordenan de la siguiente manera: en el segundo capítulo se presenta todo lo concerniente al Marco Teórico, donde abarca los antecedentes de otras investigaciones a fin al tema realizadas a nivel local, nacional e internacional, bases teóricas que sirven de base para la investigación, definición de términos básicos a manera de un glosario. En el tercer capítulo, materiales y métodos de trabajo para la investigación, siguiendo el cronograma de trabajo en gabinete y campo, para la recopilación de los datos necesarios para la investigación, en el cuarto capítulo se expone el análisis y discusión de los resultados obtenidos en campo y laboratorio, y por último en el capítulo cinco se encuentran las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.**

##### **2.1.1. Antecedente Internacional.**

**Guacaneme (2011).** En su tesis de pregrado: Petrografía y diagénesis a partir de núcleos de perforación de las rocas sedimentarias de la cuenca San Juan, Chocó. Tiene como objetivo realizar un análisis petrográfico detallado a partir de núcleos de perforación de las rocas sedimentarias de la Cuenca San Juan. Concluye que la litología encontrada consta principalmente de litoarenitas, conglomerados y en menor proporción limolitas, se encontraron además niveles volcanoclásticos los cuales no han sido reportados por ningún autor, por lo tanto, en este trabajo se propone redefinir la litología de la Formación Condoto con base en la evidencia volcánica encontrada.

##### **2.1.2. Antecedente Nacional.**

**Chacaltana et al (2014),** En su estudio La Formación Chota en la cuenca Bagua: Evaluación e implicancias del criterio de clasificación litoestratigráfico subdivide a la Formación Chota en dos miembros: Miembro Inferior (Miembro Rentema) que se divide en dos macrosecuencias detríticas, la primera inferior más fina, con predominio de arcillitas, y la segunda una superior compuesta mayormente de areniscas feldespáticas. La primera macrosecuencia inicia su evolución con areniscas feldespáticas cálcicas de grano fino a medio con laminación sesgada, intercaladas con limolitas y arcillitas de coloraciones rojizas y gris verdosos y algunos niveles delgados de conglomerados.

Luego se incrementan las arcillas, seguidas de intercalaciones delgadas de microconglomerados calcáreos y areniscas de grano medio con laminación sesgada, canales de microconglomerados y ondulitas y la segunda macrosecuencia está

compuesta de areniscas feldespáticas de grano medio y laminaciones oblicuas, de colores que varían entre rojizo y verde.

Y el Miembro Superior (Miembro la Esperanza) se reconocen facies detríticas finas constituidas por lutitas calcáreas abigarradas (con matices rojo a púrpura y verde) que varían en algunos niveles a areniscas y conglomerados.

Tabla 1: Comparaciones estratigráficas de la Formación Chota.

COMPARACIONES ESTRATIGRÁFICAS DE LA FORMACIÓN CHOTA										
EDAD		Córdova (1986)	Mourier et al. (1888)	Naeser et al. (1991)	Sanchez et al. (1996)	Baca (2001)	Chacaltana et al. (2011)	Este estudio (2014)		
Cenozoico	Neógeno			Formación Sambimera	Fm. Cajaruro			Fm. Cajaruro		
								Mioceno	Formación Chota	Miembro Superior
	Oligoceno							Miembro Inferior		
	Eoceno									
Paleógeno	Paleoceno	Formación Bagua	Miembro Sambimera	Fm. Rentema	Miembro Superior	Fm. Rentema	Fm. Rentema			
Mesozoico	Cretácico Superior	Maastrichtiano	Miembra Rentema	Fm. Rentema		Fm. Fundo El Triunfo	Fm. Fundo El Triunfo		Miembro Rentema	
		Campaniano	Capas Rojas de Rentema	Miembro Fundo El Triunfo	Fm. Fundo El Triunfo		Fm. Celendín			
		Santoniano		Fm. Celendín	Fm. Celendín			Fm. Celendín		
		Coniaciano	Grupo Otuzco			Fm. Celendín			Fm. Celendín	
										Fm. Celendín

### 2.1.3. Antecedente local.

**Cruzado & Cristólogo (2009).** En su Estudio Geológico del Departamento de Cajamarca clasifica y delimita las unidades litoestratigráficas tomando como base los estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). En cuanto a la Formación Chota (Ks – ch), distingue dos miembros, el primero denominado Miembro Basal, constituido por arcillitas, lodolitas y margas de color rojo y marrón amarillento con intercalación de areniscas gris verdosas, en capas medianas y las lutitas y lodolitas. Esta secuencia basal presenta una ligera discordancia angular con el Miembro Superior, el cual está constituido por areniscas y conglomerados de color rojo, en capas macizas, con algunas intercalaciones de lodolitas y lutitas en capas delgadas, la secuencia de areniscas rojas. Su edad y correlación indica que va desde una edad cretácea que va desde fines del Campaniano hasta el Maestrichtiano.

**Garay (2017)** En su tesis de pregrado: Estratigrafía secuencial de la Formación Celendín en el distrito de Celendín – Cajamarca. Caracteriza la Estratigrafía Secuencial de la Formación Celendín, es considerada dentro de esta tesis debido a que existen afloramientos de la Formación Chota (PN-cho) ya que esta formación suprayace a la Formación Celendín, describe su petrografía como Capas rojas que comprenden areniscas arcósicas feldespáticas y conglomerados con cantos redondeados mayormente de origen fluvial (Palacios 1995).

**Requejo (2016).** En su tesis de pregrado: Estratigrafía secuencial de la Formación Chota, Distrito de Chota – Cajamarca, 2016. Realiza la secuencia estratigráfica de la Formación Chota mediante el uso del Cartografiado Geológico para identificar facies litológicas y en cuanto a la petrografía de la zona de investigación concluye que la Formación Chota presenta intercalación de arenas, limos y arcillas con imbricaciones de clastos, facies de conglomerados masivos matriz soportado y facies de sedimentos finos (arenas finas, limos arcillosos), sedimentos silicoclásticas (gravas, limos y arcillas).

**Rivera (1980).** En el Boletín N°31: Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajamarca. Litológicamente, la Formación Chota está constituida por un conglomerado calcáreo gris parduzco y areniscas rojizas intercaladas con bancos de arenas tobáceas de colores claros, verdosos y violáceos, el conglomerado calcáreo está compuesto por rodados redondeados y sub-redondeados de calizas, provenientes de las Formaciones Celendín, Cajamarca y Mujarrún – Quilquiñán, una matriz arenosa, grisácea. En algunos sectores la Formación Chota consiste de una intercalación de areniscas de grano grueso con lentes delgados de micro-conglomerado y bancos de arena tobácea de colores blanquecinos, gris-verdoso y morados.

**Wilson (1984).** En el Boletín N°38: Geología de los cuadrángulos Chota (14 – f), describe a la Formación Chota según Broggi (1942) como una secuencia de conglomerados, arcillas y areniscas y tiene conglomerados relativamente blandos intercalados con tobas. La Formación Chota abarcaría fines del Cretáceo y comienzos del Paleógeno, en cuanto a su ambiente de sedimentación según Benavides (1956) la Formación probablemente se depositó en un ambiente continental con una posible existencia de intercalaciones marinas.

## **2.2. Bases Teóricas.**

### **2.2.1. Sedimentación**

Este proceso consiste en la depositación de material con un tamaño variable según su ambiente.

#### **2.2.1.1. Diagénesis.**

Para Huang (1968), la diagénesis se produce cuando los sedimentos sufren una serie de cambios físicos y químicos, más los que llevan a la litificación es decir la conversión del agregado suelto o sedimento en una roca sedimentaria.

Hernández (2017), en su investigación cita a (Archer,2010) donde menciona que la diagénesis involucra a todas las transformaciones que sufren los sedimentos como consecuencia de la acción de procesos físicos, químicos y biológicos, desde el momento de su depósito hasta el comienzo del metamorfismo o ser expuestos a los efectos de la meteorización.

La diagénesis se produce por:

**Compactación:** es la disminución de los espacios vacíos u ocupados por fluidos.

**Cementación:** se da por precipitación de sustancias químicas existentes las que pasan a constituir un cemento ya que actúa como ligante de los clastos.

**Autogénesis:** es la formación de nuevos minerales (se denominan autógenos) durante o después de la depositación.

**Recristalización:** es el proceso donde cambia la textura, mas no se forman nuevos minerales.

**Crecimiento secundario o crecimiento post-depositacional de un grano:** por precipitación química de la misma composición alrededor del grano y en continuidad óptica con el mismo.

## **2.2.2. Procesos de sedimentación**

Este proceso consta de tres fases: Formación de sedimentos, Transporte de sedimentos y ambiente sedimentario los cuales se detallan:

### **2.2.2.1. Formación de los sedimentos.**

El sedimento se forma como consecuencia de la descomposición química y la desintegración mecánica que sufren las rocas preexistentes.

En la desintegración de las rocas intervienen dos procesos, la descomposición química y la desintegración mecánica. Comúnmente, los dos procesos se efectúan en coordinación, pero dependiendo de las condiciones y circunstancias locales, puede predominar cualquiera de los dos. Si ha sido predomina uno de los procesos, el sedimento resultante tendrá características de textura y mineralogías distintivas (Huang,1968).

### **2.2.2.2. Transporte de los sedimentos.**

Es el movimiento de los granos de sedimento causado por la acción de la gravedad, el viento y el hielo. Las partículas de los sedimentos pueden viajar en suspensión, arrastre, tracción o saltación de acuerdo a su tamaño, tipo de transporte, la velocidad y la capacidad de carga (Hernández, 2017).

### **2.2.2.3. Ambiente sedimentario**

Para Barrell (1906), el ambiente sedimentario es el lugar donde se acumulan sedimentos y se diferencia física, química y biológicamente de las zonas contiguas según el entorno del ambiente. Los medios sedimentarios se clasifican como continentales, de litoral y marinos.

Otra definición vendría a ser que un ambiente o medio sedimentario es aquel espacio de la superficie terrestre donde se realizan procesos sedimentarios que pueden diferenciarse por sus características físicas, químicas y biológicas que van a determinar las propiedades del sedimento (Nichols, 2009).

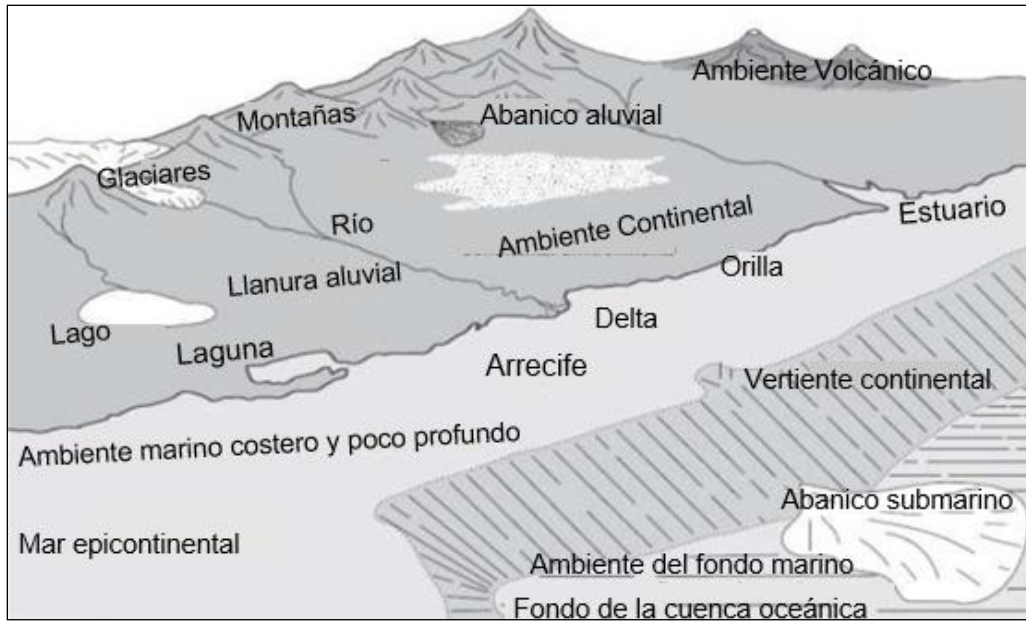


Figura 1: Un resumen de los principales ambientes sedimentarios. (Gary Nichols, 2009).

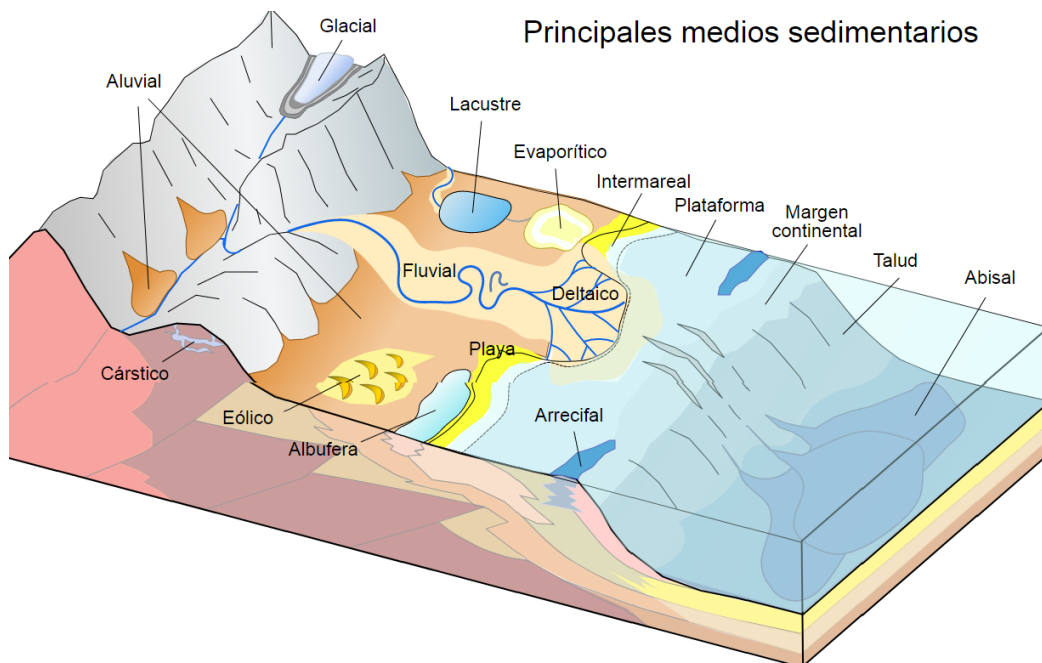


Figura 2: Principales medios sedimentarios. (Gary Nichols, 2009).

Existen diferentes clasificaciones de ambientes sedimentarios, los más comunes son: continentales o terrestres, de transición y marinos. Estos a su vez se dividen en varios ambientes, que también son divididos en subambientes.

Tabla 2: Clasificación de los ambientes sedimentarios. (Modificado de Boggs, 2009).

Depósito Primario	Subambiente	
<b>Continental</b>	*Fluvial	*Abanico aluvial
	*Eólico	*Corriente trenzada
	Lacustre	*Corriente meandriforme
	Glacial	
<b>Transición</b>	*Deltaico	*Planicie del delta
	*Playa/isla barrera	*Frente del delta
	*Estuario/laguna	*Prodelta
	Llanura de marea	
<b>Marino</b>	Nerítico	Plataforma continental
	Batial	**Arrecife orgánico
		Talud continental
		Mar Profundo

\*Depósito predominantemente siliciclástico

\*\*Depósito predominantemente carbonatado

Ambientes no marcados con un asterisco(s) pueden ser sitios de depósitos siliciclástico, carbonatado, evaporítico o mixto dependiendo de las condiciones geológicas.

#### 2.2.4. Facies Sedimentarias

Una facie sedimentaria es el conjunto de características como: las dimensiones, estructuras sedimentarias, tamaño de grano y tipos, color y contenido biogénico de una unidad sedimentaria (Middleton, 1973).

Para el análisis de una facie sedimentaria se debe realizar el estudio y la interpretación en campo de texturas, estructuras primarias, fósiles y asociaciones litológicas de rocas sedimentarias a escala pequeña de un afloramiento o sección.

Dentro de la sedimentología las facies sedimentarias tienen dos conceptos principales:

**Descriptiva.** Está en función a todo lo observable en las rocas sedimentarias, pueden ser interpretadas en términos de procesos de depositación o biológicos, los que son definidos como: litofacies, biofacies e icnofacies.

**Las litofacies,** describe las características litológicas de las rocas que pueden presentar indicios de que ha sucedido procesos físicos o químicos que le dieron origen.



**Las biofacies**, se definen por los componentes fósiles. Representan asociaciones dentro de algún intervalo estratigráfico.

**Las icnofacies**, describen la presencia de trazas de fósiles que son estructuras biogénicas que se originan por el paso de organismos.

**Interpretativa.** Se usa generalmente para un conjunto de rocas que han sido formadas en condiciones similares. Para facilitar la interpretación y correlación de Facies se usa una serie de códigos convencionales que consiste en el uso de dos letras una mayúscula para el tamaño del grano (G, gravas; S, arenas; F, finos) y una pequeña que indica una textura o estructura (Gt, gravas con estratificación cruzada; Sh, arenas laminadas; Fsm, finos masivos).

Tabla 3: Clasificación de Facies de gravas (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).

Código de facies	Facies	Descripción	Interpretación
<b>Bci</b>	Bloques imbricados con matriz arenosa	Se presentan en cuerpos lenticulares de dimensiones métricas (15 de longitud por 4m de ancho). Los bloques son subredondeados a subangulosos y poseen dimensiones de 0,70 a 1,20m. Estan formados por rocas metamórficas (anfíbolitas, migmatitas) y sedimentarias (areniscas y conglomerados).	Flujos fluidos o normales turbulentos que transportan bloques por rotación. La matriz arenosa es secundaria.
<b>Gci</b>	Gravas imbricadas clastosoportadas	Se presentan en cuerpos lenticulares de pequeñas dimensiones (hasta 0,50m de largo por 0,20m de ancho). Las gravas son subredondeadas y poseen tamaños de hasta 0,10m. La selección es buena.	Flujos fluidos y turbulentos que transportan clastos por rotación.
<b>Gcm</b>	Gravas macizas clastosoportado	Bancos tabulares con espesores de 0,05 hasta 0,40m, y dimensiones de decenas de metros. Los clastos son subredondeados, con tamaños de hasta 0,07m en cuerpos de selección buena. Se presenta como a) lentes de 1m de largo por 0,50m de ancho, b) y/o en grandes cuerpos linguoides con base plana.	Flujos fluidos o normales que generan formas de lecho longitudinal (barras de canal) y rellenan estructuras de corte y relleno.
<b>Gmm</b>	Gravas masivas, matriz soportada	Cuerpos lenticulares a lentiformes de 0,10m de espesor, formados por clastos subredondeados a subangulosos de hasta 0,05m de diámetro de selección moderada. La matriz es arenosa.	Flujos de granos hiperconcentrados no cohesivos.
<b>Gh</b>	Gravas con estratificación horizontal	Se presentan en capas tabulares de hasta 0,20m de espesor, formadas por clastos subredondeados de hasta 0,02m de diámetro, bien seleccionados.	Flujos fluidos, depósitos generados por el apilamiento de carpetas tractivas.

Tabla 4: Clasificación de Facies de arenas (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).

<b>Código de facies</b>	<b>Facies</b>	<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>
S(G)m	Arenas gravosas macizas	Se disponen en bancos tabulares de 0,40m. Están compuestos de arenas gruesas a medias, con clastos gravosos de hasta 0,07m y a veces presentan troncos carbonizados. La selección es regular.	Flujos de granos hiperconcentrados no cohesivos
<b>S(G)l</b>	Arenas con laminación inclinada de bajo ángulo.	Bancos tabulares en espesores de 0,20m de arenas medias a finas de selección buena con clastos de hasta 0,02cm de tamaño.	Flujos torrenciales en manto que generan condiciones de alto régimen de flujo.
<b>S(G)h</b>	Arenas gravosas con laminación horizontal difusa	Bancos tabulares en espesores 0,20m de arenas finas de selección buena con clastos aislados de tamaño sábulo.	Flujos torrenciales en manto. Flujos de alto régimen de flujo, flujo crítico. En algunos casos se presenta como depósitos de bajo régimen de flujo.
<b>Sm</b>	Arenas macizas	Se disponen en cuerpos linguoides de tamaños métricos. Están formados por arenas medias a finas con buena selección.	Flujos de granos hiperconcentrados no cohesivos
<b>Sl</b>	Arenas con laminación cruzada de bajo ángulo	Bancos tabulares laminados de 0,15m de espesor. Compuestos de arena gruesa a medias, de selección buena.	Depósitos formados en los estadios de régimen de flujo intermedio, humpback o lado stoss de dunas.
<b>Sh</b>	Arenas con laminación horizontal	Se dispone en bancos tabulares de hasta 0,20m de espesor, están formados por arenas de grano grueso a fino, bien seleccionadas. En ocasiones se presenta con arenas gruesas.	Depósitos de flujos de alto régimen de flujo, flujo crítico.
<b>Sp</b>	Arenas con entrecruzamiento planar	Se disponen en bancos tabulares de unos 0,10m de espesor: están formados por arenas medias a finas de buena selección.	Flujos de intermedio a bajo régimen de flujo. Dunas transversales, óndulas de arena.
<b>St</b>	Arenas con entrecruzamiento en artesa	Se disponen en bancos tabulares de hasta 0,30m de espesor: están formados por arenas medias a finas bien seleccionadas.	Flujos de intermedio a bajo régimen de flujo. Dunas de crestas sinuosas.
<b>Sr</b>	Arenas con laminación ondulítica de corriente	Forman capas de 0,01 a 0,10m de espesor. A veces es ascender. Arenas finas, con buena selección. Techos de ondulitas perseverados.	Depositadas en condiciones de bajo régimen de flujo.

Tabla 5: Clasificación de Facies de fango (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).

Código de facies	Facies	Descripción	Interpretación
F(G)m	Fango macizo con clastos aislados	Bancos tabulares de 0,60m de espesor, con gránulos aislados y escasos clastos de hasta 0,07m "suspendidos". También presentan troncos. Los bancos poseen bases planas y techos planos a convexos en las que se observan grietas de desecación pequeñas.	Flujos de barro hiperconcentrado cohesivos. Se presentan en lóbulos de desbordamientos, y lóbulos terminales.
F(S)m	Fango macizo con gránulos aislados.	Bancos tabulares de 0,30m de espesor, con granos de arena o gránulos aislados. Los bancos presentan bases planas y el techo es levemente convexo.	Flujos de barro hiperconcentrado cohesivos. Típicos de albardones
F(S)l	Fangos laminados con gránulos aislados	Bancos tabulares de 0,20m de espesor con granos aislados de arena.	Flujos menguantes en la etapa final de la inundación.
Fm	Fangos macizos	Estratos tabulares macizos de 0,40 a 0,70m de espesor compuestos por fangos arcillosos – arenosos. El aspecto macizo del estrato puede relacionarse con la intensa bioturbación que presentan.	Suspensión. Depósitos de flujos de barros en zonas de desbordamiento.
Fl	Fangos con laminación horizontal y/o ondulítica de pequeña escala.	Forman estratos de hasta 0,01m de espesor. Generan grietas de desecación.	Depósitos de flujos menguantes en la etapa final de la inundación.
Flc	Fangos con laminación horizontal en cortinas de fango.	Laminas que se depositan en charcos de agua de canales activos. Generan cortinas de fango.	Depósitos de flujos menguantes en la etapa final de la inundación.
Ev	Láminas de sales	Pueden presentarse como parches milimétricos de sales hasta llegar al orden del centímetro. También aparece como una cubierta en raíces.	Evaporación de agua procedente
<i>Fl<sub>w</sub></i>	Fangos laminados de bajo régimen de flujo; ondulitas de oscilación.	Ondulas simétricas de hasta 0,10m de diámetro.	Depósitos formados en cuerpos de agua estacionales, asociados al movimiento del agua por la acción del viento.

Tabla 6: Clasificación de Facies de arenas complementarias (Miall, 1996), para las facies por Hunter (1977) y Tripaldi y Limarino (2008).

Código de facies	Facies	Descripción	Interpretación
Ser	Ondulas de arena: gruesa a sábulo, mal seleccionadas con difusa gradación inversa de intralámina; o fina a muy fina selección moderada con gradación inversa	Depósitos de tamaños pequeño dispuestos en los canales activos, tipos parches de arena (Tripaldi y Limarino, 2008). También aparecen cubriendo dunas mayores y en las áreas de interdunas.	Migración de ondulaciones de arena o de gránulos clastos transportados por reptación y granos por saltación (Sharp, 1963; Hunter, 1977).
Sg	Arenas medias a finas con gradación inversa.	Se observan en las crestas de ondulaciones de depósitos de barras fluviales como retrabajamiento eólico que genera láminas de arena con gradación inversa.	Migración de ondulaciones de arena.
Slg	Arenas con laminación entrecruzada de muy bajo ángulo con gradación inversa.	Arenas finas bien seleccionadas con granos oscuros en la cresta de las ondulaciones. Se presentan en bancos tabulares a lentiformes, en cuerpos de hasta 2m de espesor con perfil asimétrico.	Migración de ondulaciones de arena
Shm	Arenas con laminación horizontal a difusa, internamente macizas	Arenas muy finas con laminación horizontal. Se presentan en dunas longitudinales.	Migración de dunas de crestas rectas, con caras de sotavento dominadas por caída de flujos de granos.

### 2.2.5. Petrología.

Hernández (2017) señala que, la petrología es una rama de la geología que estudia el origen de las rocas y su descripción. Trata del modo de ocurrencia, la composición, clasificación y de su génesis de las rocas, así como de su historia y procesos geológicos.

### 2.2.6. Petrología sedimentaria

Huang (1968), estudia el origen y la historia de las rocas sedimentarias. Estudia la historia de cualquier capa, la determinación de las rocas originarias y el ambiente de donde proceden los sedimentos. Comprenden también la interpretación del mecanismo de dispersión de los materiales formados en el área de origen, la dirección y distancia del transporte y el área sobre el cual se depositaron los materiales sedimentarios.

### **2.2.7. Petrografía**

Para Franco & Gonzalo (2000), define a la petrografía como el estudio, descripción y clasificación de las rocas según sus características y los procesos que dan lugar a las rocas sedimentarias, formadas por la consolidación de sedimentos.

### **2.2.8. Rocas sedimentarias clásticas y no clásticas.**

Para Hernández (2017), las rocas sedimentarias clásticas se producen por acumulaciones mecánicas de partículas de rocas, se clasifican en función del tamaño de grano de los clastos y dentro de cada grupo, en función de la composición de estos y/o de la proporción entre clastos y matriz y/o cemento y las rocas sedimentarias no clásticas son depositadas por medios químicos (incluyendo los bioquímicos).

### **2.2.9. Texturas de las rocas sedimentarias.**

Huang (1968), la textura se refiere a la constitución física de la relación de grano a grano de una roca, además determina la madurez de esta. La madurez es una medida del grado al cual han avanzado los procesos de descomposición química y desintegración mecánica hacia su terminación.

#### **2.2.9.1. Texturas clásticas.**

Huang (1968), todas las rocas sedimentarias detríticas tienen textura clástica. Esta denominación puede aplicarse a la textura de cualquier agregado cuyo carácter original fragmentario sea claramente visible.

#### **2.2.9.2. Parámetros Texturales**

Wentworth (1922), la textura está asociada a los aspectos geométricos de un sedimento o roca. Los principales parámetros para describir la textura de una roca sedimentaria clástica son. El tamaño de grano, la selección o clasificación, la forma, la redondez, la orientación, el empaque, la madurez y la porosidad.

Los aspectos texturales ayudan a interpretar el ambiente de depósito, la distancia y agente de transporte. A continuación, se describen estos parámetros:

**a. Tamaño de grano.**

Es uno de los parámetros más importantes para la clasificación de rocas sedimentarias y sedimentos debido a que según su tamaño se designara el nombre de la roca. Las escalas de tamaño realizados por Udden (1914) y Wentworth (1922). Posteriormente, Krumbein (1934) estableció una escala phi ( $\Phi$ ), donde:  $\text{phi} = -\log_2 d[\text{mm}]$ , donde cada límite textural de Wentworth es un número entero.

Tabla 7: Granulométrica y clasificación de los sedimentos de Wentworth (1922) y Krumbein (1934). Modificado de Ulmen – Scolle (2014).

Milímetros (mm)	Escala Phi ( $\Phi$ ) Krumbein	Clases de tamaño de Wentworth	
4096	-12	Bloque	Gravas
256	-8	Canto	
64	-6	Gujarro	
4	-2	Gránulo	
2	-1	Arena muy gruesa	
1	0	Arena gruesa	Arenas
1/2 — 0.5	1	Arena media	
1/4 — 0.25	2	Arena fina	
1/8 — 0.125	3	Arena muy fina	
1/16 — 0.0625	4	Limo grueso	
1/32 — 0.0312	5	Limo medio	Limos
1/64 — 0.0156	6	Limo fino	
1/128 — 0.0078	7	Limo muy fino	
1/256 — 0.0039	8	Arcilla	
0.00006	14		Arcillas

**b. Clasificación (Selección)**

Para Hernández (2017), la disposición de los sedimentos, numéricamente es representado por la desviación estándar. Cuando el tamaño del sedimento es variable la desviación estándar es mayor, se dice que es muy pobremente clasificado, y cuando el

tamaño de los clastos es muy similar, la desviación estándar menor se dice que el sedimento se encuentra muy bien clasificado.

Tabla 8: La clasificación refleja los niveles de energía del agente de transporte. Se estima visualmente empleando la clasificación de Compton (1962).

Desviación Estándar	Selección
< 0,35	Muy bien seleccionada
0,35 a 0,50	Bien seleccionada
0,50 a 0,70	Moderadamente bien seleccionada
0,70 a 1,00	Moderadamente seleccionada
1,00 a 2,00	Pobremente seleccionada
2,00 a 4,00	Muy pobremente seleccionada
> 4,00	Extremadamente Seleccionada

A continuación, Figura 3, con la estimación visual de la clasificación de los sedimentos.

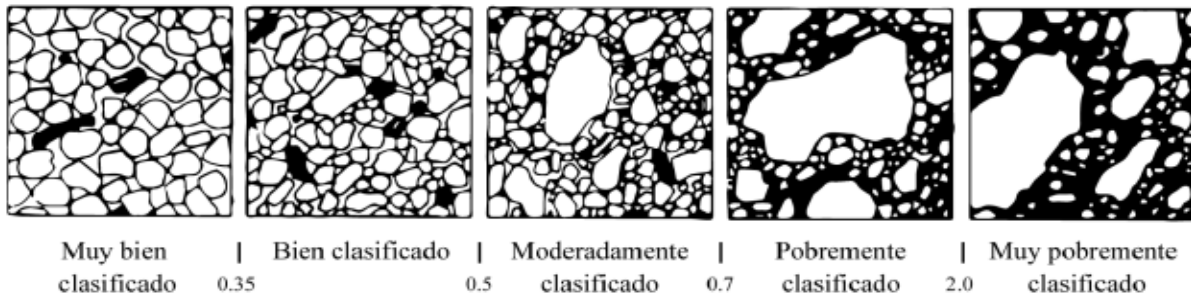


Figura 3: Patrón para la estimación visual de la clasificación y sus términos descriptivos (clases) de Compton, 1962. (Los números en la parte inferior corresponden a valores de desviación estándar). Modificado de Stow, 2006.

### c. Forma

Es la relación que guardan entre si los diámetros de los tres ejes principales de una partícula. Esta característica es determinada al comparar con la clasificación cuantitativa de Zingg (1935).

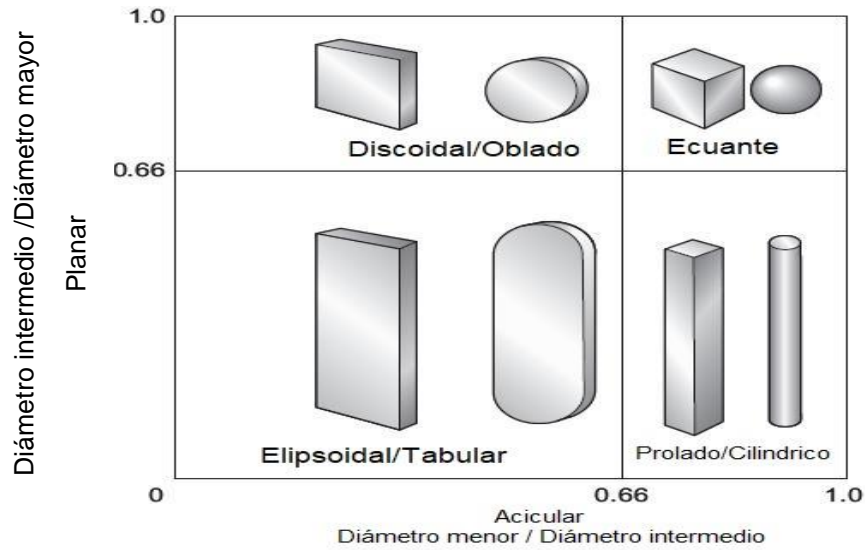


Figura 4: Forma de los clastos en función a la relación entre sus diámetros de Zingg, 1935. Modificado de Nicols, 2009.

Tabla 9: Principales formas de las partículas y la interpretación sobre su procedencia. Modificado de Stow, 2006.

Forma		Interpretación	
	Esférica		Ecuante Proveniente de rocas de composición y estructura uniforme (granito, dolerita, arenisca, gneis, etc)
	Tabular		Discooidal Proveniente de rocas con estratificación muy delgada y minerales aplanados (muchas rocas sedimentarias, micas)
	Prolada		Tabular Proveniente de esquistos y algunas rocas metamórficas, también de minerales elongados (esquistos y algunos gneises)
	Oblada		
			Biogénicas (varias) Proveniente de fuentes biogénicas primarias o secundarias

Este parámetro textural nos permite interpretar la forma original de un clasto, ya que, la forma final depende de la forma inicial del clasto.



#### d. Esfericidad y redondez.

Para García et al (2012), denomina a la esfericidad como el grado alcanzado por desgaste durante el transporte de un clasto hasta alcanzar la forma de esfera.

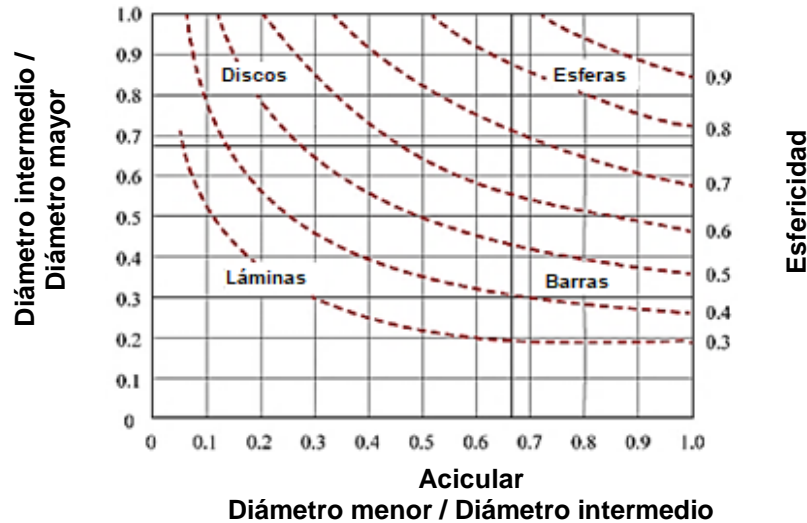


Figura 5: Esfericidad expresada en valores de 0.3 a 0.9 asociado con la forma de los clastos de Krumbein and Sloss (1963). Modificado de Pettijohn, 1975.

#### e. Redondez

Según Powers (1953), es el grado de desgaste que presentan las aristas y vértices de un clasto, independientemente de su forma original, este parámetro está relacionada con el transporte. Para determinar la redondez y la esfericidad de una partícula, se compara con ábacos de estimación visual que varían desde muy anguloso hasta bien redondeado.

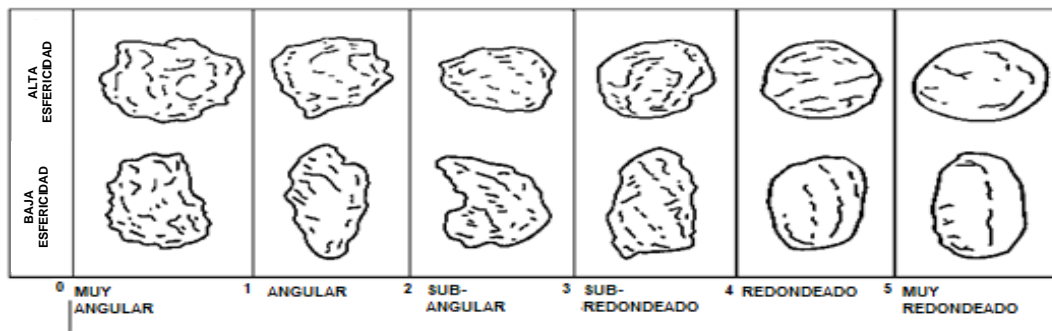


Figura 6: Ábacos visuales de esfericidad y redondez de los clastos, como la escala de comparación visual de Powers (1953) Modificado de Stow, 2003.

## f. Texturas superficiales

Para Hernández (2017), son marcas superficiales que registran la última etapa de transporte antes del depósito. Las texturas superficiales presentan dos categorías, una relacionada con la oscuridad y lustre y la otra con marcas en la superficie.

## g. Empaque

De acuerdo con Graton y Fraser (1935), es la disposición de los granos individuales de manera que entre si se encuentren en contacto. Existen dos arreglos: cúbico (abierto) y romboedral (cerrado). Esta característica está directamente relacionada con la porosidad ya que, de acuerdo al tipo de arreglo, el espacio entre granos será mayor para el cúbico o menor para el romboedral.

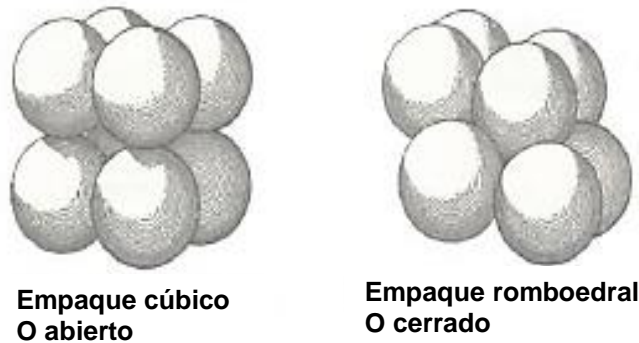


Figura 7: Tipos de empaque representado por partículas esféricas de igual tamaño, Graton, 1935. Modificado de Pettijohn, 1975.

El empaquetamiento puede caracterizarse en función del porcentaje de matriz frente al de clastos, observando si la roca presenta una textura grano-sostenida o matriz-sostenida.

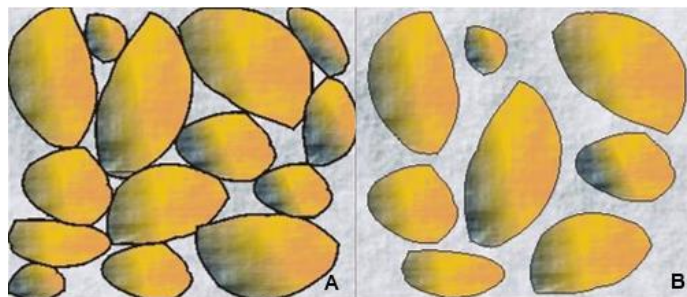


Figura 8: Grano sostenido (A) y matriz sostenida (B).

Los contactos pueden ser flotantes, puntuales, tangenciales, longitudinales, cóncavo-convexos o suturados.

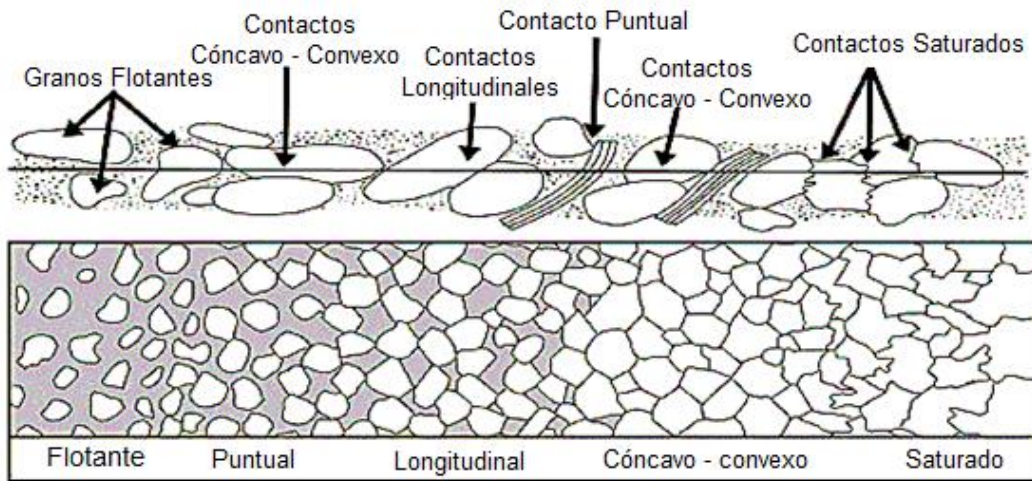


Figura 9: Tipos de contactos entre granos, desde los soportados por la matriz hasta los granos saturados. Modificado de Castro 1989 y Pettijohn et al., 1987.

### h. Orientación

Para Stow (2006) es el acomodo y dirección de los elementos dentro de la roca en función del rumbo e inclinación del eje mayor. La orientación de los clastos se produce durante la acumulación del sedimento cuando una corriente constante se alinea, paralela o perpendicularmente.



Figura 10: Orientación de las partículas en sedimentos gruesos y finos. Modificado de Stow, 2006.

## i. Madurez mineralógica y textural

Según Silva (2011), es el grado de estabilidad de los componentes minerales que se encuentran en la roca o sedimento.

Tabla 10: Términos de madurez mineralógica y su composición común. Modificado de Silva, 2011.

TÉRMINO DE MADUREZ	COMPOSICIÓN COMÚN
<b>Inmaduro</b>	Abundan las plagioclasas y el cuarzo, dependiendo de la fuente de sedimento se pueden encontrar micas, anfíboles, algunos piroxenos, olivino o andalusita; son comunes los fragmentos de rocas de esquistos, filitas y pizarras, así como fragmentos volcánicos e ígneos de composición básico.
<b>Submaduro</b>	Predominan los feldespatos potásicos (ortoclasa – microclina) puede presentar clorita, epidota, piroxenos, cianita, estauroлита, sillimanita y glaucanita; se preservan líticos volcánicos de composición intermedia.
<b>Maduro</b>	Contiene cuarzo policristalino en abundancia, se pueden encontrar micas y granates. Los fragmentos volcánicos si los hay, suelen ser de composición ácida.
<b>Supermaduro</b>	Contiene cuarzo monocristalino y minerales pesados como zircón, rutilo y turmalina. También pueden encontrarse fragmentos de cuarcita o pedernal.

La madurez mineralógica parte de la meteorización y durante el transporte del sedimento hacia el lugar donde se va a depositar, en este trayecto los minerales y fragmentos se rompen y se vuelven cada vez más finos, mientras que, los inestables tienden a alterarse y disolverse o desintegrarse.

Por otro lado, la madurez textural se refiere al contenido en porcentaje de material fino. Los sedimentos o rocas texturalmente inmaduros son aquellos que tienen más del 5% de matriz fina y clastos angulosos y mala selección. Los sedimentos o rocas texturalmente supermaduros: no presentan matriz, los clastos están bien redondeados y muy bien seleccionados.

Tabla 11: Secuencia para determinar la madurez textural de Folk, 1968. Modificado de Pettijohn et al., 1987.

SECUENCIA PARA DETERMINAR LA MADUREZ TEXTURAL	
<b>Paso 1:</b> <b>Madurez</b>	Contenido de arcillas (material micáceo menor a $30\mu m$ excluyendo material autigénico) <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si es mayor al 5% es inmaduro</li> <li>b) Si es menor que 5% determinar selección.</li> </ul>
<b>Paso 2:</b> <b>Clasificación</b>	Selección <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si la clasificación es mayor que <math>0.5\sigma</math>, es submaduro</li> <li>b) Si la clasificación es menor que <math>0.5\sigma</math>, determinar redondez</li> </ul>
<b>Paso 3:</b> <b>Redondez</b>	Redondez <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si los granos son subangulosos a angulosos (en la escala de Powers), es maduro</li> <li>b) Si la redondez son sub redondeados a bien redondeados, es supermaduros.</li> </ul>

La madurez textural se produce durante el proceso de transporte del sedimento desde su inicio hasta final que vendría a ser la cuenca de depósito, durante el transporte los sedimentos se redondean y se clasifican. A mayor grado de energía durante el transporte, mayor redondez y clasificación.

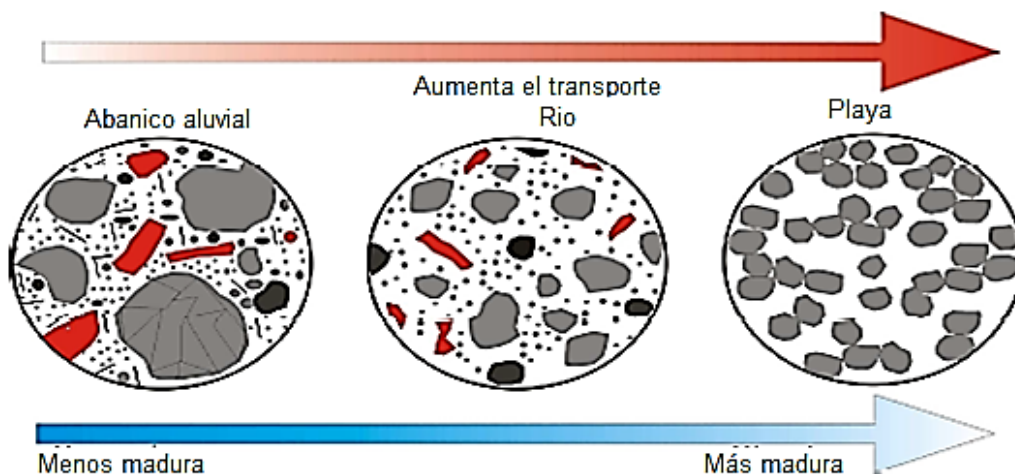


Figura 11: Esquema para la estimación del grado de madurez mineralógica y textural de una roca sedimentaria detrítica, en función de la historia de transporte del sedimento.

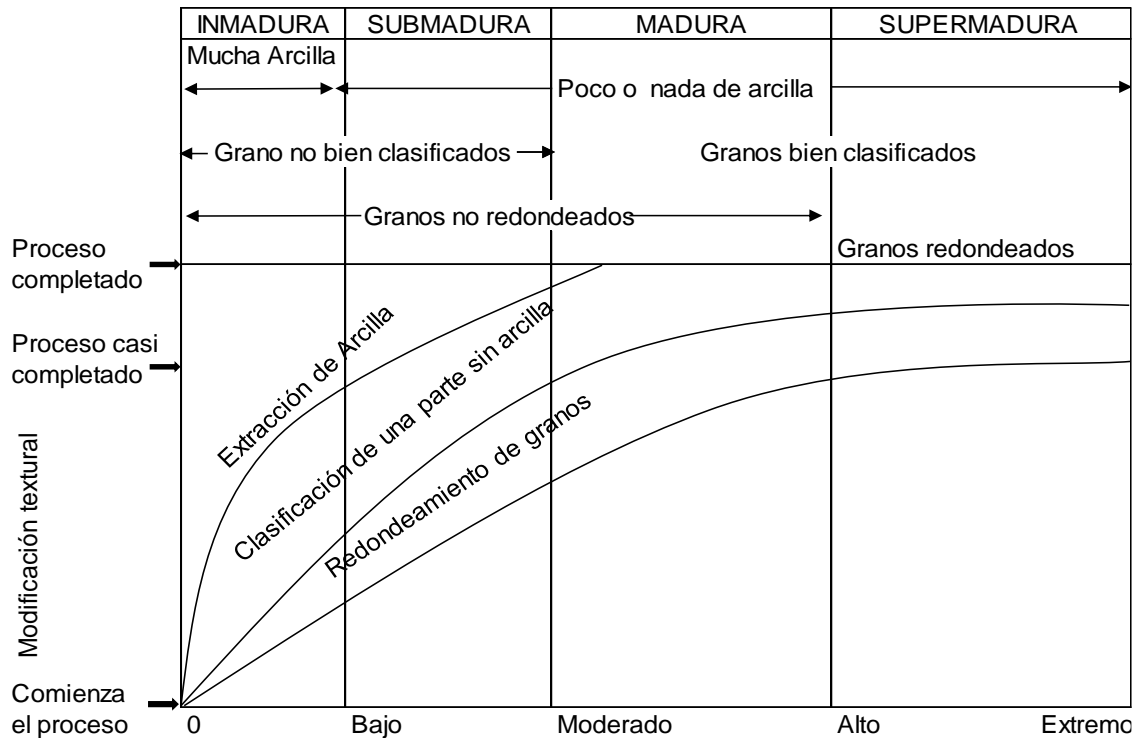


Figura 12: Madurez textural de areniscas es mostrada en función de la energía cinética de Folk, 1951. Modificado de Boggs, 2009.

### j. Matriz

Es el material de grano fino que se encuentra entre los clastos y da cohesión al material o sedimento, puede estar constituida de minerales arcillosos y óxidos de hierro.

### k. Cementante

(Hernández, 2017) es el resultado de la precipitación del material a partir de soluciones acuosas iónicas o coloidales que interaccionan con las rocas, éste se genera durante la diagénesis de los clastos.

Es uno de los factores que generan la reducción de la porosidad. Los cementantes más abundantes son calcáreos, silíceos o ferruginosos.

Tabla 12: Principales cementantes en rocas sedimentarias. Modificado de Stow 2006.

<b>Material cementante</b>	
<b>Silicatos</b>	Principalmente cuarzo, calcedonia, ópalo, feldespatos, zeolitas
<b>Carbonatos</b>	Principalmente calcita, también aragonito, dolomita, siderita
<b>Óxidos de hierro</b>	Hematita, limonita, goethita
<b>Sulfatos</b>	Anhidrita, yeso, barita, celestita

## I. Porosidad

Para Hernández (2017), la porosidad son los espacios vacíos que se encuentran entre los granos de una roca, depende del tamaño de los granos, selección y tipo de empaque de las partículas.

Por su génesis, existe: la porosidad primaria que es la resultante del proceso de depósito y la porosidad secundaria es la que se genera debido a procesos postdepósito o diagenéticos.

La permeabilidad depende de la porosidad geometría de los poros, tamaño espacio de poro, viscosidad del fluido y presión a la que está sometido el fluido. Se dice que una roca es permeable si permite el paso de fluido, e impermeable si la cantidad que pasa es insignificante o nula.

### 2.2.9.3. Textura no clástica

Huang (1968), Las texturas de las rocas no clásticas se forman por los procesos siguientes: Cristalización directa o reacción inorgánica entre las sales disueltas. Crecimiento de los cristales y agrandamiento dentro de un agregado o emplazamiento tal como la dolomitización y silificación.

### 2.2.10. Rocas volcanoclásticas

La definición del término volcanoclástico fue sintetizado por Fisher (1961), y su definición abarca a todo material volcánico formado por cualquier proceso (Desintegración física y/o química, dispersión, transporte y depositación) en cualquier ambiente, estos pueden estar combinados en proporciones variables con fragmentos no volcánicos.

Las rocas volcanoclásticas pueden ser consideradas rocas fragmentarias, en las cuales los granos son de origen volcánico, Pero, en detalle, se trata de un grupo de rocas amplio y complejo, algunas veces incluido para su estudio con las rocas sedimentarias, pero de modo más frecuente, considerado junto con las rocas volcanoclásticas.

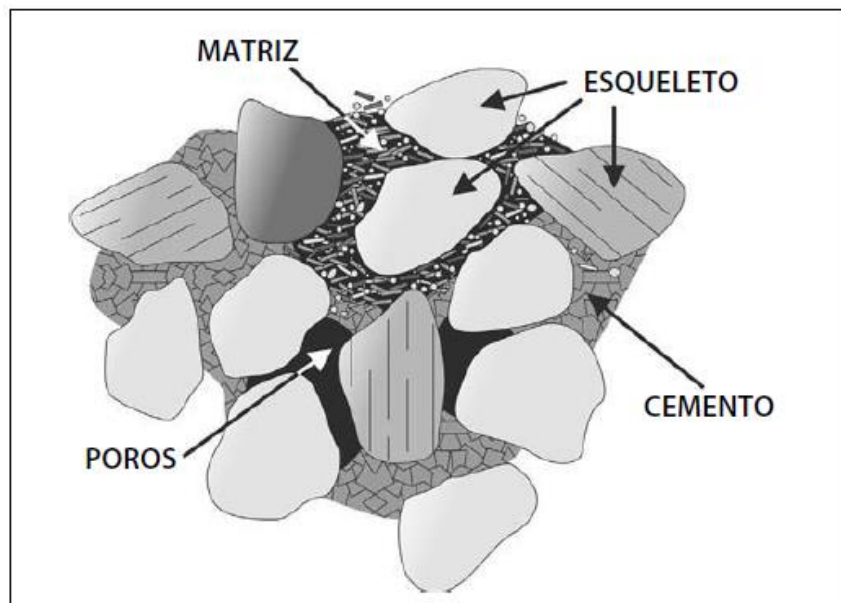


Figura 13: Esquema de la estructuración de una roca detrítica

### 2.2.11. Facies Volcanoclásticas

Las facies volcanoclásticas hace referencia a características (no genéticas) de un conjunto de depósitos tales como: estructuras sedimentarias, composición, geometría, tamaño de grano, textura, selección y fabrica (Branney y Kokelaar, 2003).



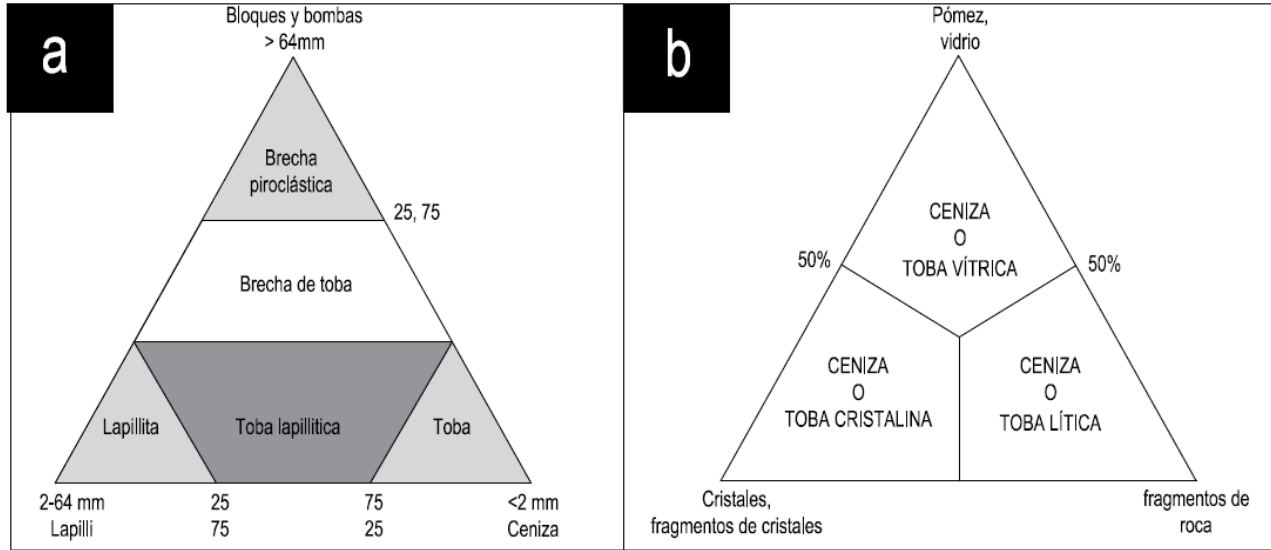


Figura 14: Clasificación de rocas volcanoclásticas. a) Por su Granulometría. (Fisher y Schmincke, 1984); b) Por su Composición. (Pettijohn y Otros., 1987).

Así como las facies sedimentarias tiene códigos convencionales con letras mayúsculas y minúsculas, las facies volcánicas también:

Tabla 13: Términos para rocas mixtas piroclásticas - epiclásticas. (Fisher y Schmincke, 1984).

Piroclástico	Tufita (mixto piroclástico - epiclastico)	Epiclástico (Volcánico y/o no volcánico)	Promedio de tamaño de grano (mm)
Aglomerado, aglutinado brecha piroclástica	Conglomerado tobáceo, brecha tobácea	Conglomerado, Brecha	64
Lapillita			
(Ceniza) toba	grosso Arenisca tobácea	Arenisca	2
	fino Limolita tobácea	Limolita	1/16
	Lodolita tobácea, lutita tobácea	Lodolita, lutita	1/256
100%	75%	25%	0% por volumen
(Incremento)			
← Piroclastos —————→			
←————→ Volcánico + epiclastos no volcánicos (+ cantidades menores de componentes biogénicos, sedimentarios químicos y autigénicos)			

Tabla 14: Términos y abreviaciones de las litofacias no - genéticas (Branney y Kokelaar, 2003).

<b>Simbología</b>	<b>Litofacias</b>
<b>mLT</b>	Lapilli – toba masiva o lapilli - cenizas
<b>mLT<sub>(nl,ip)</sub></b>	Lapilli – toba / ceniza masiva con gradación normal de líticos y gradación inversa de pómez
<b>mLTf</b>	Lapilli – toba masiva con una fábrica de grano direccional
<b>sLT</b>	Lapilli - toba/lapilli – ceniza estratificada
<b>dsLT</b>	Lapilli – toba/lapilli – ceniza estratificación difusa
<b>bLT</b>	Capa delgada de lapilli – toba (capa de centímetros de espesor)
<b>sT</b>	Toba/ceniza estratificada
<b>//sT</b>	Toba/ceniza estratificación paralela
<b>xsT</b>	Toba/ceniza estratificación cruzada
<b>//bpL</b>	Lapilli pumicítica capa paralela
<b>lenspL</b>	Lentes de lapilli pumicíticos
<b>lenspC</b>	Lentes de pómez gravoso
<b>lenslBr</b>	Lentes de brechas ricas en líticos
<b>fpoorT</b>	Tobas/cenizas finas
<b>mLTpip</b>	Lapilli – toba/ ceniza masiva con chimenea finas
<b>mIBr</b>	Brechas líticas masivas
<b>mscAg</b>	Aglomerado de escoria masiva

## 2.2.12. Clasificación y descripción de las rocas sedimentarias

### 2.2.12.1. Clasificación de las rocas sedimentarias según su granulometría

Tarbutck & Lutgens (2005), están conformadas por la consolidación de sedimentos en la cual su principal característica es la diversa composición, estructura y textura que posee, de acuerdo a su ambiente de formación y a los cambios que pudo padecer con el tiempo, especialmente las rocas silicoclasticas, estas se generan por procesos de erosión, transporte y depositación.

Tabla 15: Clasificación granulométrica (Wentworth, 1922)

GRANO DIÁMETRO	SUBDIVISIÓN	DENOMINACIÓN(Roca)
0.0002 mm	Coloide	PELÍTICA
0.002 mm	FINA	
0.02 mm	GRUESA	
0.2 mm	FINA	PSAMITA
2 mm	GRUESA	
2 cm	FINA	PSEFITA
20 cm	GRUESA	
	BLOQUES	

Tabla 16: Clasificación granulométrica (Din, 1987).

CLASIFICACIÓN SEGÚN DIN 4022		GRANO DIÁMETRO(mm)
ARCILLA		
LIMO	FINO	0.002 mm
	MEDIO	0.0063 mm
	GRUESO	0.02 mm
ARENA	FINO	0.063 mm
	MEDIO	0.2 mm
	GRUESO	0.63 mm
GRAVAS	FINO	2 mm
	MEDIO	6.3 mm
	GRUESO	20 mm
PIEDRAS		63 mm

### 2.2.13. Guía para la determinación macroscópica de las rocas sedimentarias

La mayoría de las rocas sedimentarias se componen de fragmentos variados de forma redondeada o angulosa conocidos como clastos más o menos cementados entre sí, el nombre de la roca es determinado más por el tamaño y la forma de los clastos que por su composición. Por otra parte, los nombres de las rocas no clásticas son determinado por su composición química y mineralógica.

A continuación, se describirá tablas que se utilizaran en la investigación:

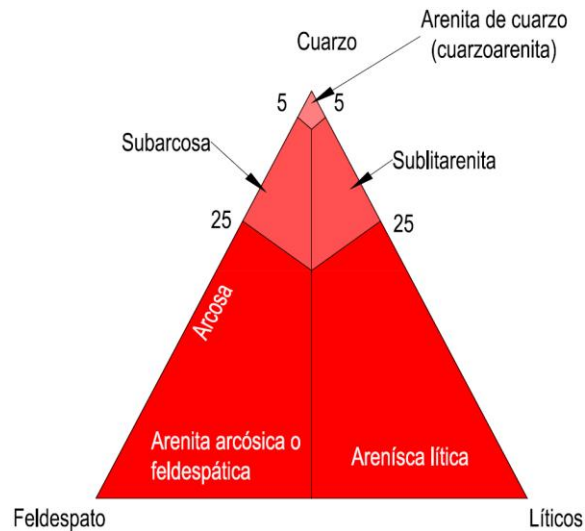


Figura 15: Diagrama de clasificación de Dott (1964) para las areniscas que contiene menos del 15% de matriz (modificado de Murray, 1981)

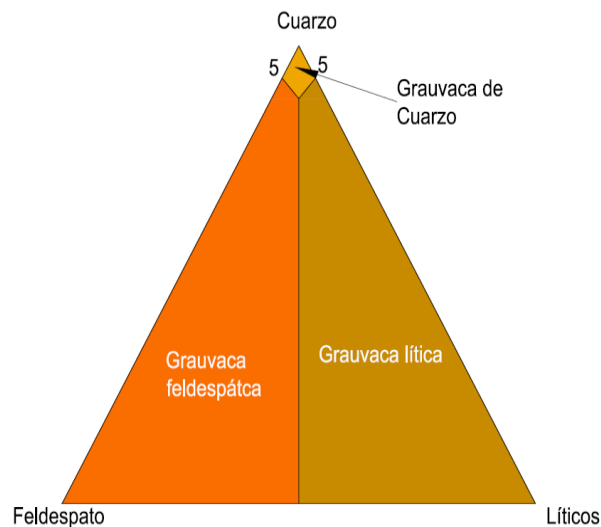


Figura 16: Diagrama de clasificación de Dott (1964) para las grauvacas (modificado de Murray, 1981).

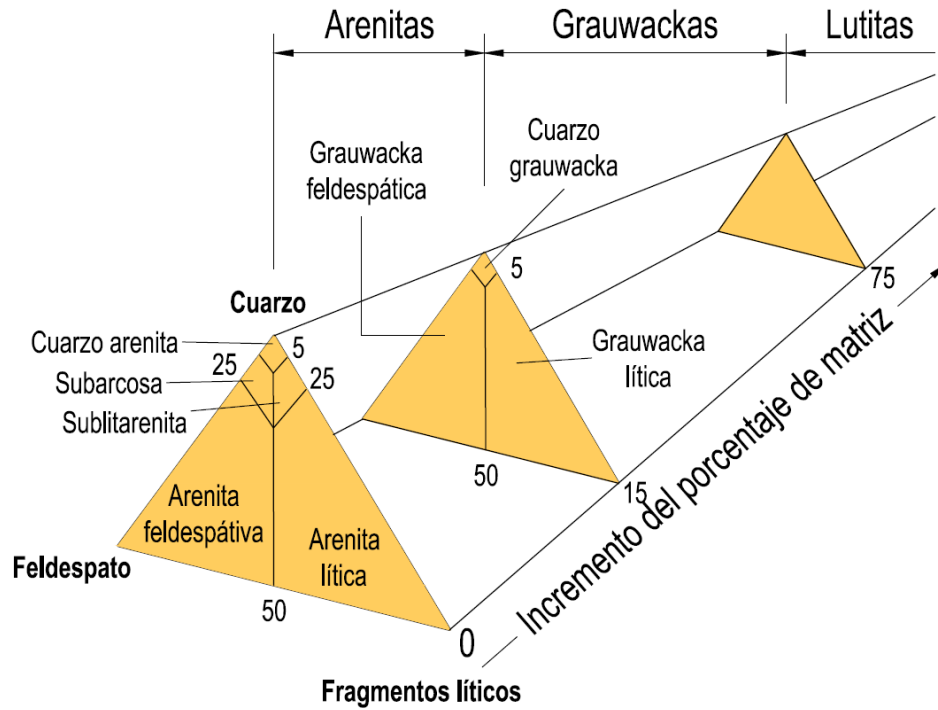


Figura 17: Clasificación de areniscas según Dott (1964). Modificado por Pettijohn et al. (1987).

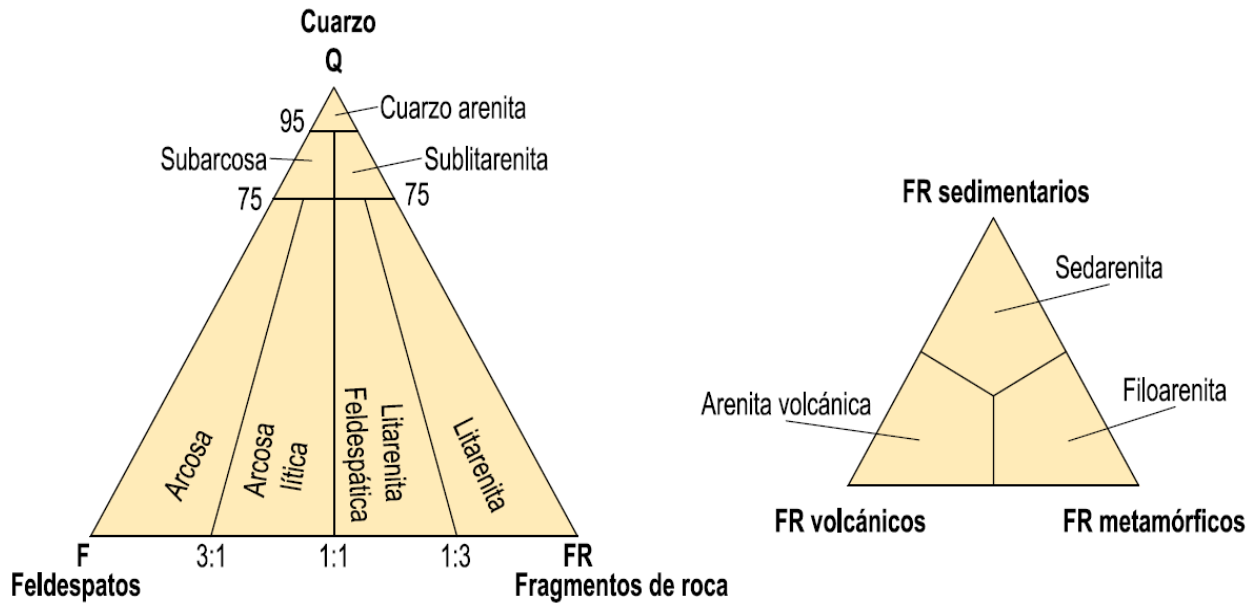


Figura 18: Clasificación de areniscas. El triángulo de la derecha muestra la clasificación para sedimentos con menos del 15 % matriz de grano fino. El triángulo de la izquierda muestra la clasificación de las litarenitas. Modificado de Folk, 1980.

Tabla 17: Guía para la determinación de las rocas sedimentarias. (Según Huang 1968).

TEXTURA COMÚN	COMPONENTE:PARTÍCULAS DE ROCA Y MINERAL	ROCA SEDIMENTARIA	RASGOS DE DIAGNOSTICO
Clásicas Rocas determinadas por el tamaño y la forma de las partículas	Rodita 2-> 250 mm	Uno o varios elementos mezclados, especialmente pedernal, cuarzo, granito, cuarcita, caliza, etc.	Conglomerado Partículas en su mayoría subredondeadas a redondeadas.
			Brecha Partículas angulosas principalmente.
		Cualesquiera partículas de roca mezcladas con harina mineral	Fanglomerado Fragmentos de pie de monte o abanicos aluviales petrificados.
			Tillita Partículas de roca estriadas,prácticamente sin clasificar.
	Arenitas 1/16.2 mm	Principalmente cuarzo	Arenisca cuarzosa o arenita Arenas bien clasificadas,maduras y limpias.
		>25% feldespato Feldespato de potasio o plagioclasa.	Arcosa Roja a gris claro,deficientemente,no maduras.
		10-25% feldespato	Arenisca feldesplastica Más madura que la arcosa.
		Astillas de roca de basalto, pizarra(shale), riolita, pizarra(shale), etc.	Grauwacka Fuertemente endurecida,tenaz,oscuro a gris verdoso,microbrecha.
		>25% cuarzo, minerales y astillitas de roca	Subgrauwacka Intermedia entre la arenisca cuarsosa y la grauwacka.
	Lutitas 1/16.>1./256 mm	Principalmente minerales arcillosos; cuarzo afanítico, ópalo, calcedonia, carbonatos, pirita, clorita, minerales de hierro.	Limolita Intermedia entre la arenisca y la pizarra(shale).
			Pizarra (Shale) Característicamente físil.
			Esquiso Arcilloso No plastico
			Argilita Plástica cuando está mojada
	No clásicas: Rocas determinadas pro la composición química o mineralógicas	Densa. Afanítica, de grano grueso cristalina, porosa, de mosaico oolítica.	Principalmente calcita Caliza Reacciona fácilmente con el HCl frío.Las calizas pueden ser orgánicas,bioclásticas,pedernal osas,arcillosas,yesosas.
Principalmente dolomita Dolomita No reacciona fácilmente con el HCl frío.Raramente presentan fósiles,tienden a ser de grano medio.			
D e grano Fino		Calcita finamente cristalina con restos de caparazones de microorganismos. Creta Blanco a gris claro, muy desmenuzable, fosilífera.	
		Materia cálcarea y minerales arcillosos Marga Gris claro,desmenuzable.	
Densa, en fajas		Mezcla de sílice coloidal. Ópalo, calcedonia, etc. Silix, podernal (Chert) Abigarrada,dura,lustre mate a semivitrío,fractura concoidea.	
Cristalina o masiva		Principalmente yeso Principalmente anhidrita Principalmente halita Roca yesífera Roca anhidrica sal gema Evaporitas asociadas frecuentemente en el campo,los agregados de cristales son comunes.	
Masica o estratificada		Minerales fosfaticos y fragmentos de hueso Fosforita Es necesario el ensayo químico para P2O5	
Amorfa. En capas, Fajeada		Humus Sapropel Carbono Humedad	Carbones: Lignito Color pardo o café
			Bituminoso Fractura prismatica
			Antracita Frantura conocida

#### **2.2.14. Determinación macroscópica de las rocas sedimentarias**

Franco & Gonzalo (2000), las rocas sedimentarias se componen de fragmentos de roca conocidos como clastos cementados entre sí, la disposición de los clastos es un dato objetivo e inmediato que se obtiene en muchas ocasiones de la observación directa de la roca a simple vista o con ayuda de una lupa. El nombre de la roca es determinado más por el tamaño y la forma de los clastos por lo cual podemos decir que es la base de la clasificación de las rocas.

#### **2.2.15. Determinación microscópica de las rocas sedimentarias**

Guilford (2011), los sedimentos terrígenos de granulometría intermedia –las limolitas gruesas, las arenitas y los conglomerados y brechas de grano más fino recomienda un estudio petrográfico ya este es útil.

##### **2.2.15.1. Microscopia Óptica**

Es un instrumento para investigaciones petrográficas que tiene como finalidad la obtención de las características ópticas y cristalográficas de los minerales observables tanto transparentes como opacos a través del microscopio de polarización.

La microscopía óptica, describe y clasifica los minerales y texturas petrológicas/ petrográficas bajo el microscopio polarizante de luz transmitida (microscopio petrográfico). El microscopio de luz usado para fines petrográficos es un sistema óptico de lentes convergentes que cumplen la función de aumentar la imagen de una sección o corte de roca.

### **2.3. Definición de términos básicos.**

**Clastos.** Fragmento de roca se le clasifica de acuerdo al tamaño en: bloques, cantos, arenas, limos y arcillas (Dávila, 2011).

**Estratigrafía.** Estudia la secuencia o sucesión de las capas o estratos que se han formado a través del tiempo geológico (Dávila, 2011).

**Facies.** Conjunto de caracteres y condiciones físicas, químicas, ambientales y paleontológicas, mediante las cuales se produjeron las deposiciones litológicas (Dávila, 2011).

**Litoestratigrafía.** Estudio, organización y clasificación de las rocas estratificadas en base a sus características litológicas (Dávila, 2011).

**Litofacie.** Condiciones existentes en la cuenca de sedimentación, tales como medio ambiente, abastecimiento de materiales y otras necesarias para el proceso de sedimentación y formación de rocas (Dávila, 2011).

**Macroscópico.** Lo que, por su tamaño, es lo bastante grande como para poder ser visto mediante el ojo humano, sin necesidad de aumento (Tarbuck & Lutgens, 2007).

**Microscópico.** Lo que, por su tamaño, es tan pequeño que no puede ser visto directamente mediante el ojo humano, necesitando algún tipo de aumento. (Tarbuck & Lutgens, 2007)

**Sedimento.** Material suelto procedente de rocas preexistentes, acumulado por la acción de los agentes geológicos externos. (Gallegos, 1995)



## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación de la investigación

#### 3.1.1 Geográfica

El área de investigación se encuentra delimitado por cuatro progresivas PE-3N (Ruta Nacional o Tramo Norte de la Carretera Longitudinal de la Sierra en el Perú) 1+413Km a 1+410Km haciendo una distancia longitudinal de 3 km entre ellas, las coordenadas en el sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) Datum WGS-84 de cada progresiva son, 1+413: N 9273264, E 760060; 1+412: N 9273221, E 760677; 1+411: N 9273604, E 760967 y 1+410: N 9273338, E 761302 respectivamente. (Ver Plano 1, Plano Satelital).

#### 3.1.2 Política

El área de investigación representada por PE-3N (Ruta Nacional o Tramo Norte de la Carretera Longitudinal de la Sierra en el Perú) progresivas: 1+413Km a 1+410Km se sitúa en el distrito de Chota, Provincia de Chota, Departamento y Región de Cajamarca.

#### 3.1.3 Accesibilidad

Para llegar al área de investigación se toma la ruta de la carretera que va en dirección de Chota – Cajamarca carretera asfaltada y delimitada por progresivas iniciando en la progresiva 1+413 a medida que se avanza la progresiva disminuye un kilómetro, el otro acceso es de la ciudad de Chota al área de investigación por carretera afirmada – trocha.

**Tabla 18:** Accesibilidad a tramo de carretera PE-3N 1+413 - 1+410 Chota.

Tramo	Distancia (km)	Vía	Tiempo
Cajamarca - Chota	144	Terrestre	3h 30min
Chota – (1+413 – 1+410)	3	Terrestre	30min

### **3.1.4. Geología Local**

El área de investigación está delimitada según el afloramiento de la Formación Chota por ello solo se ha estudiado dicha Formación, pero está cerca de la Formación Celendín.

#### **3.1.4.1. Formación Chota**

Esta Formación fue descrita por Broggi (1942) y se caracteriza por una secuencia de conglomerados, arcillitas y areniscas de composición volcánica.

Está caracterizada por tres Zonas litológicas:

La Zona inferior está representada por arenas, litoarenitas que su color varía de gris a violeta y rojo, presenta niveles de conglomerados redondeados – subredondeados en las arenas y también limo arcillas con una granulometría de grueso a finos en su mayoría.

La Zona media en su composición tiene clastos redondeados, arenas, litoarenas de un color gris, de granos gruesos a finos; y limo arcillas de un color rojo violáceo con matriz arcillosa y la matriz de color que varía de marrón a amarillo.

Y en la Zona superior encontramos conglomerados y rodados redondeados de composición volcánica y sedimentaria (Calizas y areniscas) en algunos lugares se evidencia la presencia de paquetes de flujos volcánicos conocidos como tufo volcánico.

### **3.1.5. Descripción general de los sedimentos**

En esta sección se describe de manera general la granulometría de los sedimentos y de las muestras de cada estratificación, se realizó una descripción tanto a nivel macroscópico como microscópico. La ubicación de los cortes de carretera con las zonas representativas de la Formación Chota viene ubicada en el sistema de coordenadas UTM, sobre la zona 17 del hemisferio sur.

#### **3.1.5.1. Punto de Control 1, 2 y 3**

Se realizó inspección visual a los 3 kilómetros con la finalidad de encontrar cortes de carretera donde se observe la disposición de las zonas de la Formación Chota.

##### **1. Punto de control 1.**

En el primer punto de control se encuentra ubicado en la progresiva PE - 3N, 1+413Km con las coordenadas, **N:** 9273211, **E:** 760080, **C:** 2330msnm, corresponde a la Zona Inferior y Zona Media de la Formación Chota, presenta una longitud aproximada de 75m

y una altura de 30m. Está caracterizada por una zona inferior de arenas masivas, limo arcillas y en la zona media tiene clastos y arenas de un color gris, de granos gruesos a finos; y limo arcillas de un color violáceo con matriz arcillosa y con presencia de carbonatos ya que al contacto con el ácido clorhídrico efervesce la matriz.



Fotografía 1: Primer punto de control en la progresiva PE - 3N 1+413, se evidencia la Formación Chota característica por la disposición de arenas masivas de colores violáceos en algunos estratos de coloración gris blanquecina y algunos otros con niveles de conglomerados. NW – SE.

En cuanto a su litofacie son intercalaciones de limoarcillas (Facies FI), con evidentes niveles de arenas estratificadas (Sr). Además, litofacies de arenas masivas (Sm) con presencia de pequeños niveles de conglomerados (Gmm) intercalados con limos y arcillas (FI) de laminación fina, e imbricaciones de clastos en facies Sm.

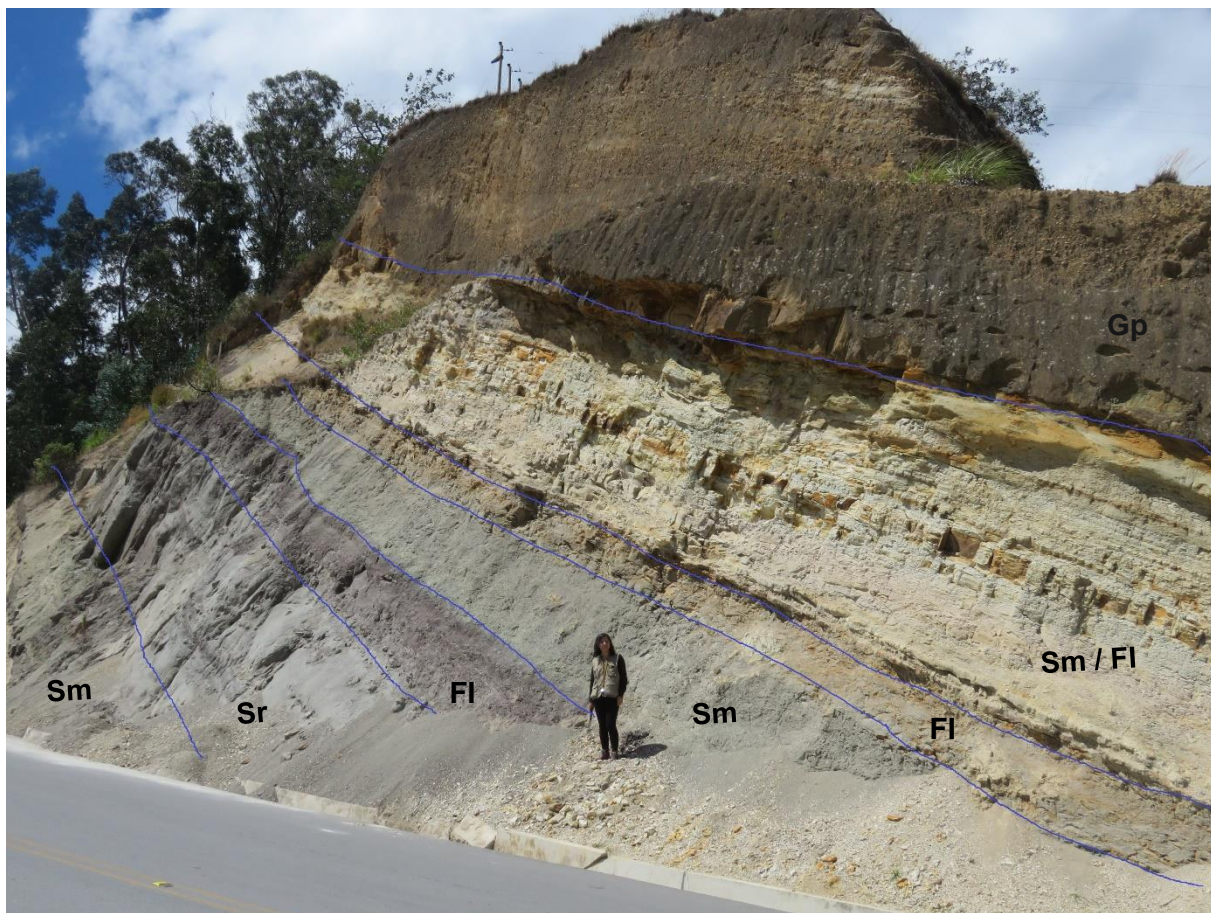
## 2. Columna Estratigráfica

En la primera columna estratigráfica se observa la presencia de la zona Media: con clastos y arenas de un color gris, de granos gruesos a finos; y limo arcillas de un color violáceo con matriz arcillosa calcárea y la Zona Inferior: Arenas de un color gris y limo arcillas con una granulometría de grueso a finos en su mayoría. La naturaleza del clasto es de composición volcánica y sedimentaria. Se ha encontrado clastos de areniscas, calizas y tobas.

REGISTRO DE INSPECCIÓN								
Metros	Litología	Datos e Interpretación de Campo						
30.0					Bien Clasificada	Arenas de un color violáceo, de granos finos		
29.0								
28.0								
27.0								
26.0								
25.0				Clasto Soportado	Mod. Clasif.	Arenas masivas con niveles de conglomerados		
24.0								
23.0								
22.0								
21.0								
20.0								
19.0								
18.0								
17.0					Bien Clasificada	Arenas de un color gris, de granos gruesos a finos		
16.0								
15.0						Arena Estratificada		
14.0						Limo arcillas violáceas		
13.0								
12.0								
11.0				Clasto Soportado	Moderadamente Clasificada	Arenas masivas con niveles de conglomerados		
10.0								
9.0								
8.0								
7.0						Limo arcillas violáceas		
6.0								
5.0					Bien Clasificada	Arenas de un color gris, de granos gruesos a finos		
4.0								
3.0								
2.0								
1.0								
	Arcilla Limo Arena Muy Fina Arena Fina Arena Media Arena Gruesa Arena Muy Gruesa Gránulo Gujarró Canto Bloque							
	Clasificación Granulométrica Udden - Wenworth							
		Color						
		Diámetro máximo de Clastos (mm)	0.06	0.20	0.63	2.00	6.30	50.0
		Textura						
		Clasificación						
		Naturaleza del Clasto	Composición Volcánica (Andesita, Tobas) Composición Sedimentaria (Areniscas y Calizas)					
		Interpretación						

### 3. Punto de control 2

En el segundo punto de control se encuentra ubicado entre la progresiva PE - 3N, 1+413 y 1+411 con las coordenadas: **N:** 9273664, **E:** 760644, **C:** 2420 msnm. Corresponde a la Zona Inferior que son arenas masivas de color gris blanquecino a gris oscuro, la Zona Media presenta arenas estratificadas con ondulitas, limos y arcillas en intercalación de color violeta a color crema – amarillo y la Zona Superior representada por arenas de grano grueso con conglomerados (composición volcánica) de color marrón de la Formación Chota, presenta una longitud aproximada de 150m y una altura de 32m.



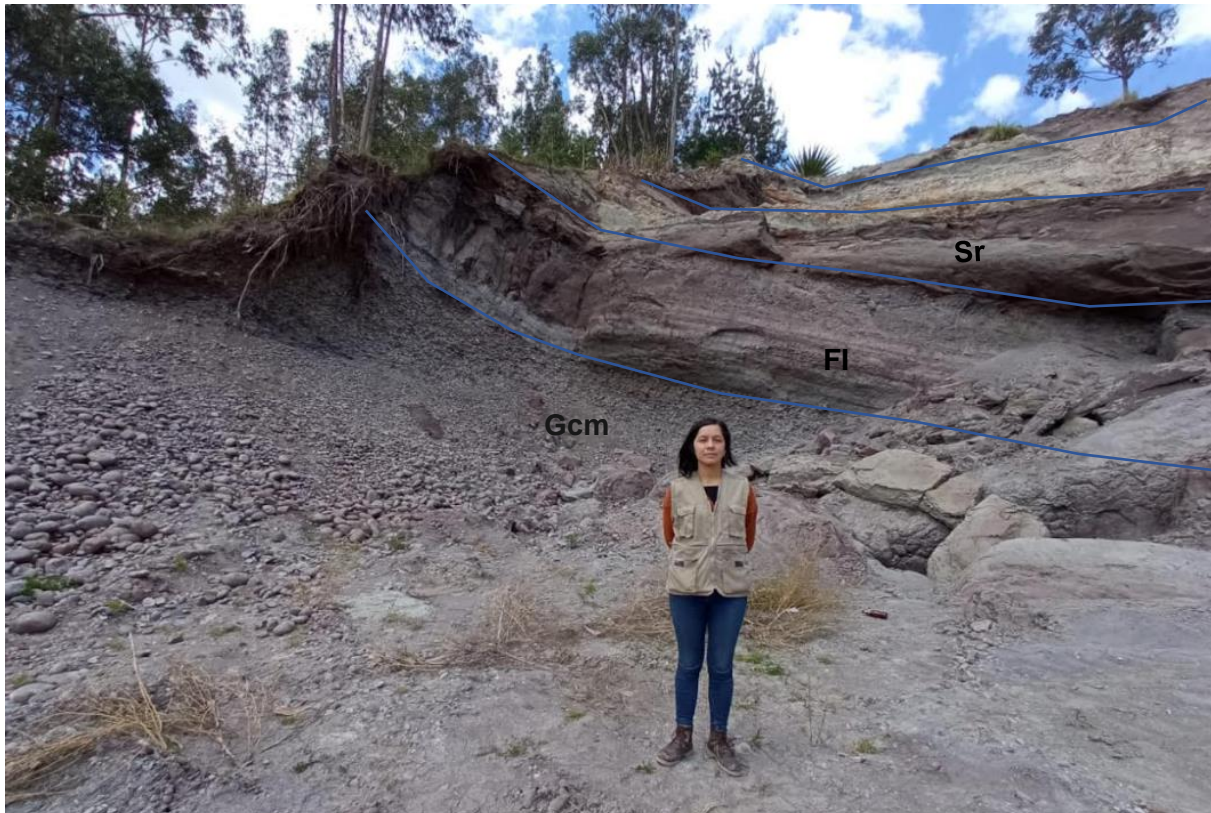
Fotografía 2: Contacto de las tres zonas: inferior, media y superior de la Formación Chota. NW-SE.

En cuanto a sus litofacies de arenas masivas (Sm) de color gris blanquecino a gris oscuro, arenas estratificadas (Sr) de color gris oscuro, limos y arcillas de color violeta, y conglomerados de matriz soportados de diámetro hasta 8 cm (Gp).



### 5. Punto de control 3

El tercer punto de control se encuentra ubicado entre la progresiva PE - 3N, 1+410 en las coordenadas UTM, **N:9273733**, **E:761247** y **C:2470**. Corresponde a la Zona Superior que son Conglomerados de cantos rodados con diámetro que va aumentando hacia el tope del estrato de 40mm a 100mm con matriz arenosa de grano medio a fino de color violeta oscuro, y con estratos de limos y arcillas de color rosado con arenas masivas.



Fotografía 3: Tercer punto de control, ubicado en la progresiva 1+410, se distinguen por su coloración de las arenas y se observa el cambio de litología. NW-SE.

En cuanto a su litofacie son intercalaciones de limoarcillas (Facies FI), con niveles de arenas estratificadas (Sr) con presencia de conglomerados (Gcm) de rodados redondeados presenta una matriz arenosa, además hay intercalación de limos y arcillas (FI) de laminación fina.





## **3.2. Procedimientos.**

### **3.2.1. Etapa preliminar**

La presente investigación inicia con la recopilación de antecedentes teóricos los cuales son estudios como: La Formación Chota en la cuenca Bagua: Evaluación e implicancias del criterio de clasificación litoestratigráfico, Presencia de carofitas en la Formación Chota (Cuenca Bagua) y su organización bioestratigráfica, Estratigrafía secuencial de la Formación Chota, distrito de Chota – Cajamarca, 2016 y boletines geológicos 31 y 38. Para luego de recopilada toda información proceder a la investigación del proyecto.

### **3.2.2. Etapa de campo**

Se procedió a recorrer el tramo de carretera iniciando en la parte más baja ubicada en la progresiva PE-3N 1413 y dirigiéndose a la parte más alta PE-3N 1410, luego a tomar puntos de control en cada corte de carretera donde afloraba la Formación Chota, juntamente a ello se extrajeron muestras de roca y sedimentos no consolidados, además se apuntó en la libreta de campo: medidas de estratos, color de sedimentos, tamaño de clastos y demás características.

### **3.2.3. Etapa de ensayos**

En esta etapa se seleccionó las muestras de roca representativa de cada corte de carretera y se procedió a cortar en secciones delgadas para el envío al laboratorio Bizalab donde se realizó el respectivo estudio petrográfico por microscopía óptica y en cuanto a las muestras de sedimento, se extrajo su respectiva muestra y se realizó el ensayo de granulometría para determinar el porcentaje de limos, arcilla y gravas. Con la finalidad de determinar el nombre y caracterizar a la Formación Chota.

### **3.2.4. Etapa de gabinete**

Es el procesamiento de los datos obtenidos en la etapa tanto de gabinete como las etapas de campo y de laboratorio para la interpretación del nombre y ambiente de formación de las rocas y sedimentos de la Formación Chota. Luego se usó el software ArcGis 10.8 para la elaboración de planos. Finalmente se hizo la discusión de resultados obtenidos y la elaboración final del documento de tesis.

### 3.2.1. Metodología

La metodología utilizada en la presente investigación se detallará a continuación en la Tabla.

Tabla 19: Clasificación y tipos de investigación.

CLASIFICACIÓN	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Según el nivel	Descriptiva, ya que consiste en la caracterización de la petrografía de la Formación Chota para poder establecer su estructura, origen y nombre de las rocas y sedimentos. Investiga propiedades características de las rocas y sedimentos que nos permite hacer un diagnóstico.
Según el diseño	Diseños Transversales, ya que implican la recolección de datos en un determinado tiempo en este caso 2021.
Según su naturaleza	Es combinado, tanto cualitativo ya que se describirá la textura, color, etc. de las rocas y sedimentos y cuantitativa porque determinaremos el nombre de la roca en base a resultados de laboratorio.
Según la finalidad	Es aplicada, ya que lo aprendido investigaciones científicas y bases teóricas se aplicó en campo para poder describir la petrografía de la Formación Chota.

#### 3.2.1.1 Población de estudio.

La población de estudio será la longitud del tramo de carretera PE-3N 1+413Km a 1+410Km que consta de 3 kilómetros en los perímetros de la ciudad de Chota.

#### 3.2.1.2 Muestra

La muestra es el tipo de roca y sedimentos de la Formación Chota.

Tabla 20: Coordenadas de las muestras extraídas de roca y sedimentos de la Formación Chota.

COORDENADAS	ROCA		SEDIMENTO	
	M1	M2	M3	M4
Norte	9273211	9273664	9273149	9273733
Este	760080	760644	760173	761247

### **3.2.1.3 Unidad de análisis**

Ensayos de secciones delgadas vistas al microscopio y ensayos de granulometría realizados por laboratorio externo, descripción macroscópica de rocas y sedimentos y columnas estratigráficas

### **3.2.2. Identificación de variables**

#### **3.2.2.1. Independientes**

**Litología.** Estudia el origen, evolución y clasificación de las rocas.

**Sedimentología.** Describe la formación, acumulación y posterior evolución de las rocas sedimentarias.

**Tiempo Geológico.** Se ocupa del estudio de la organización de los estratos en base a su edad y tiempo de formación.

#### **3.2.2.2. Dependientes**

**Petrografía.** Describe los componentes y texturas de las rocas.

### **3.2.3. Técnicas**

Para la recolección de información: consiste en tener toda la información posible en cuanto a bibliografía que esté relacionada al tema de investigación además de elaborar planos topográfico y geológico para tener conocimiento del lugar.

Recolección de datos en campo: la técnica es de recopilación y de observar las distintas rocas, sedimentos, estructuras sedimentarias, texturas y demás con el fin de describir la petrografía de la Formación Chota.

Procesamientos de datos: posterior a la recopilación de datos se llega el momento de ordenar toda la información adquirida para exponer las conclusiones a las que ha llegado.

### **3.2.4. Instrumentos y equipos**

Para el desarrollo de esta investigación se aplicó técnicas de descripción e interpretación en campo y gabinete, así también de igual manera el uso de equipos y materiales tales como se describe a continuación.

### 3.2.4.1. Equipos

**Brújula Brunton:** para medir rumbo y buzamientos de estratos y orientación de fotos.

**GPS Garmin:** se utilizó para la ubicación en el plano de los cortes de carretera y afloramientos; a través de sus coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).

**Laptop:** para procesamiento de datos, elaboración de planos y redacción de tesis.

**Lupa de 20x:** para observar los componentes y textura de los sedimentos y rocas.

**Protactor:** para medir el tamaño de los clastos y granos encontrados en los estratos.

**Picota:** para la extracción de muestras de rocas y sedimento suelto de los estratos.

### 3.2.4.2. Materiales

**Libreta de campo:** se utilizó para anotar puntos de control, elaboración de bosquejos de columnas estratigráficas.

**Plano geológico (14f):** del cuadrángulo geológico de Chota (1/100 000) obtenidos de la Carta Geológica Nacional del INGEMMET.

**Plano topográfico:** se utilizó como base para el cartografiado geológico en el sistema UTM Datum (WGS 84).

**Sacos de polietileno:** para traslado de muestras a laboratorio.

## 3.3. Tratamiento y análisis de datos y presentaciones de resultados

Se ha realizado ensayos de rocas y sedimentos mediante la técnica de microscopía óptica para la petrografía y ensayo de granulometría para los sedimentos.

### 3.3.1. Petrografía por microscopía óptica

En los estudios petrográficos se aborda la descripción de las rocas (minerales no metálicos), mediante la técnica de microscopía óptica de luz polarizada (esencialmente con luz transmitida). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (rocas), además de definir sus formas, tamaños, porcentajes y relaciones espaciales, lo cual permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones de formación, entre ellos alteraciones, texturas, reemplazamientos y posibles procesos evolutivos. Asimismo, se describen sus componentes tales como fragmentos de rocas (relacionados o no, genéticamente con la roca), componentes de la matriz y cemento, material amorfo o criptocristalino, cavidades, fracturas, entre otros.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados del estudio

##### 4.1.1. Estudio Petrográfico/Muestra – 1

La primera muestra de roca ha sido descrita de forma macroscópica y microscópica trabajado por el Laboratorio de Investigación y servicios para la actividad Minera e Industrial BIZALab.

#### ESTUDIO PETROGRÁFICO

**CLASIFICACIÓN DE LA ROCA**

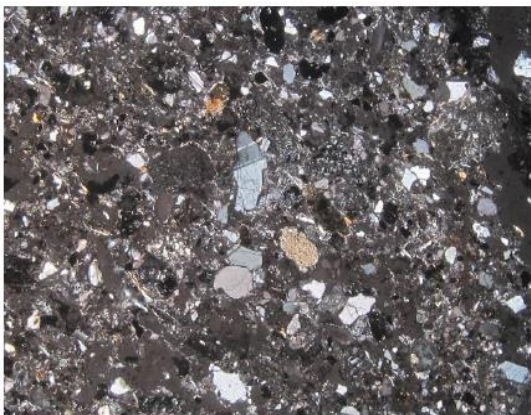
TOBA CRISTALOLÍTICA

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca volcánica de textura fragmental, compacta y de color gris parduzco. Presenta fragmentos líticos diversos; también fragmentos de plagioclasas y cuarzo; inmersos en una matriz afanítica alterada por sericita y arcillas con impregnaciones de óxidos.



#### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA



La muestra es una roca volcánica con textura fragmental. Se aprecian fragmentos de cristales de plagioclasas, moldes de posibles feldespatos (alterados por sericita y arcillas), cuarzo I y pequeños cristales de zircón; así como, distintos fragmentos de roca. En una matriz moderadamente reemplazada por agregados criptocristalinos de sílice, sericita microescamosa y arcillas terrosas; además presenta impregnaciones de óxidos de hierro y cavidades que han sido rellenadas por agregados de cuarzo II. Se observan minerales opacos diseminados y alterados a óxidos de hierro.

<b>MINERALES PRIMARIOS</b>			
<b>MINERAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>µm</b>
Plagioclasas	Fragmentos de cristales con formas tabulares e irregulares, muy fracturados y con macla polisintética. Se presentan ligeramente alterados por sericita y arcillas; algunos con impregnaciones de óxidos de hierro. Por sectores se aprecian posibles moldes que han sido completamente reemplazados por agregados microescamosos de sericita y de cuarzo II e impregnaciones de arcillas.	8	≤ 800
Cuarzo I	Fragmentos de cristales con formas irregulares y subangulosos, con bordes corroídos. Se hallan dispersos en la matriz.	16	≤ 840
Zircón	Pequeños cristales anhedrales, irregulares, que se encuentran diseminados en la matriz de la muestra.	Traza	≤ 150

<b>FRAGMENTOS DE ROCA</b>			
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>%</b>	<b>µm</b>
	Fragmentos de roca volcánica (FRs I), posible andesita. Presentan formas subangulosas y textura porfírica; conformados por fenocristales de plagioclasas (con tamaños hasta de 150 micras) ligeramente alterados por arcillas. La matriz se aprecia completamente alterada a óxidos de hierro, con presencia de minerales opacos en intersticios.	2	≤ 1050
	Fragmentos de roca (FRs II), con formas irregulares y subangulosas. Se presentan completamente silicificada, con presencia de escasos minerales opacos en intersticios e impregnaciones de óxidos de hierro.	Traza	≤ 600
	Fragmentos de toba (FRs III), con formas irregulares. Formada por fragmentos de cristales de plagioclasas (50 micras) y cuarzo primario (80 micras). En una matriz reemplazada por agregados de cuarzo secundario, que posteriormente ha sido invadida con impregnaciones de óxidos de hierro y presencia de minerales opacos en intersticios.	Traza	≤ 130
	Fragmentos de roca (FRs IV), con formas irregulares. Está conformada por pequeños fragmentos de cristales de plagioclasas (50 micras) que han sido ligeramente alterados por agregados microescamosos de sericita, no se observa cuarzo primario. Presentan una matriz completamente alterada por agregados de cuarzo secundario y sericita. Se observa concentración de óxidos de hierro en algunas zonas y diminutos cristales de minerales opacos diseminados.	3	≤ 1500
	Fragmentos de toba (FRs V), con formas irregulares. Formada por moldes de posibles feldespatos (150 micras) alterados por sericita e impregnaciones de óxidos de hierro, de cuarzo primario (130 micras) con bordes corroídos y moldes de posibles ferromagnesianos (170 micras) alterados completamente por epidota. En una matriz reemplazada por agregados microcristalino de cuarzo secundario, con impregnaciones de óxidos de hierro.	Traza	≤ 600

## MATRIZ

La matriz principalmente vítrea ha sido alterada por agregados de sílice, arcillas y agregados microescamosos de sericita. Presenta impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos diseminados. En algunos sectores se aprecian cavidades que han sido rellenadas por cuarzo secundario (cuarzo II).

MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Vidrio	Material criptocristalino, se encuentra moderadamente alterado por agregados de sílice, arcillas y sericita. Conforman la matriz de la toba. por sectores se puede observar fragmentos de vidrio que han sido devitrificados a agregados de feldespatos potásicos y cuarzo en agregados plumosos.	1	≤ 5

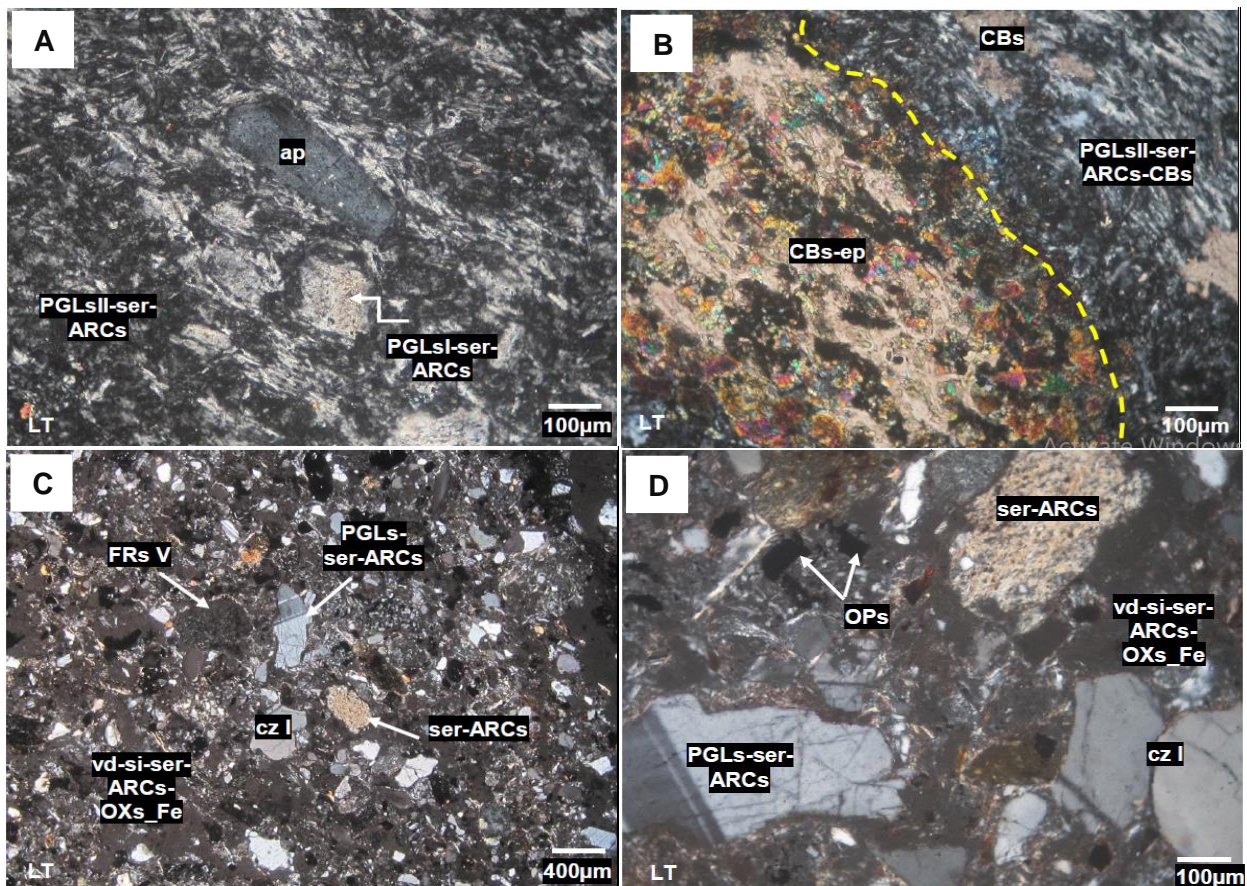
## MINERALES SECUNDARIOS

MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Sílice	Agregados criptocristalinos, que han reemplazado moderadamente a la matriz de la roca junto a los agregados microescamosos de sericita y agregados de arcillas terrosas. También se encuentra reemplazando intensamente a los fragmentos líticos de menor tamaño.	35	≤ 5
Sericita	Agregados microescamosos, se encuentran junto a agregados terrosos de arcillas como alteración de los cristales de plagioclasas y de moldes de posibles feldespatos; también han alterado moderadamente a la matriz vítrea. Por sectores de la matriz, se aprecian con impregnaciones terrosas de óxidos de hierro.	20	≤ 10
Arcillas	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan como alteración de los moldes de feldespatos; también se encuentran alterando intensamente a la matriz junto a agregados microescamosos de sericita y agregados criptocristalinos de sílice.	8	≤ 5
Cuarzo II	Agregados microgranulares, se encuentra rellenando intersticios en la matriz y cavidades en esta; también ha ingresado a través de fracturas y oquedades de algunos fragmentos líticos. En menor grado han reemplazado incipientemente a los moldes de feldespatos.	1	≤ 200
Minerales opacos	Pequeños cristales irregulares, se presentan diseminados en la matriz y en los fragmentos líticos; están alterados a óxidos de hierro.	Traza	≤ 200
Óxidos de hierro	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan alterando a minerales opacos y como impregnaciones en la matriz; también se encuentra como impregnaciones en los fragmentos líticos.	6	≤ 10
<b>TEXTURAS</b>	Fragmental		

ALTERACIONES		
Tipo	Intensidad	Ensamble de minerales
Silicificación	Moderada	Sílice y cuarzo
Sericitización	Moderada	Sericita
Argilización	Débil	Arcillas
Oxidación	Débil	Óxidos de hierro

#### 4.1.1.1. Fotomicrografías/ Muestra – 1

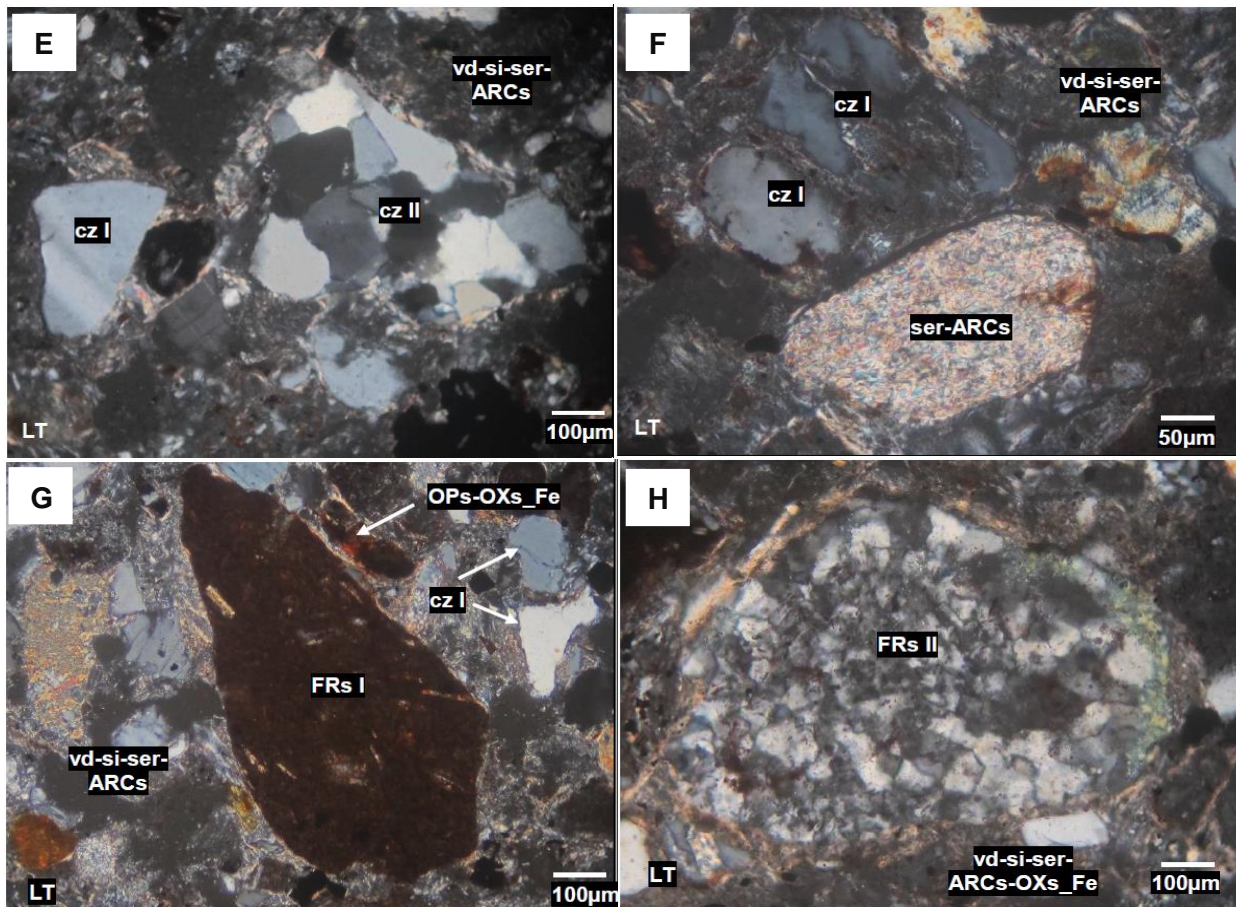
Se realizó secciones delgadas vistas al microscopio de las cuales se logró identificar diversos minerales como se detallarán en las siguientes 10 fotos:



**A.** Fragmentos de fenocristales de plagioclasas I que ha sido alterado incipientemente por sericita y arcillas (PGLsI-ser-ARCs) y cristales prismáticos de apatito (ap); en una matriz formada por microlitos de plagioclasas II siguiendo una textura fluidal y con agregados de sericita y arcillas en sus intersticios (PGLsII-ser-ARCs). **B.** Molde de fenocristales de posible ferromagnesiano que ha sido completamente reemplazado por agregados de carbonatos y epidota (CBs-ep). En una matriz formada por microlitos de

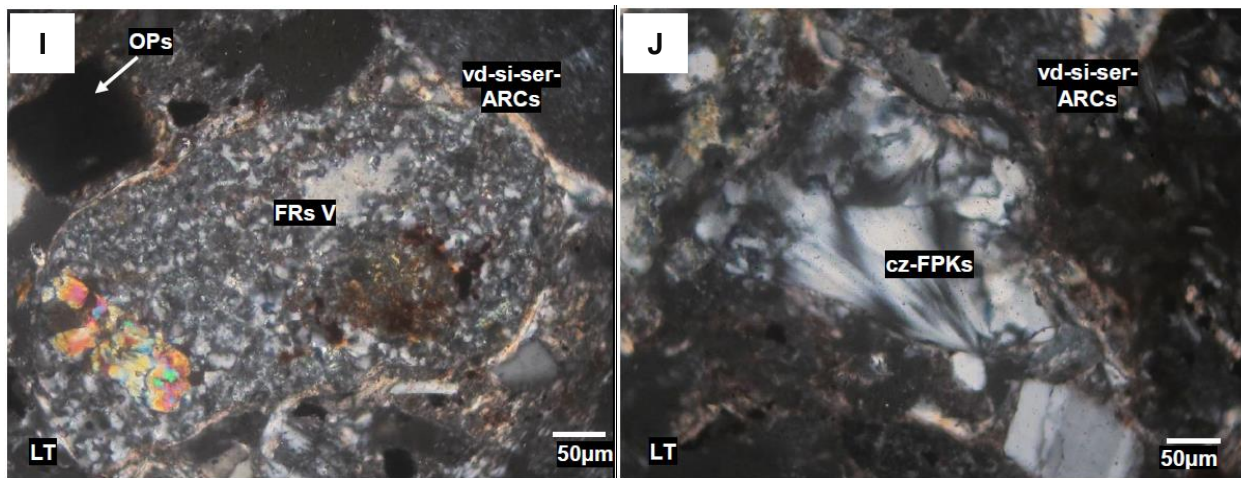


plagioclasas II siguiendo una textura fluidal y con agregados de sericita y arcillas en sus intersticios (PGLsII-ser-ARCs) con parches de carbonatos (CBs) por sectores. **C.** Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos alterados completamente por sericita y arcillas (ser-ARCs) y fragmentos de rocas V (FRs V), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas y con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARCs-OXs\_Fe). **D.** Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos alterados completamente por sericita y arcillas (ser-ARCs) y cristales de minerales opacos (OPs), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARCs-OXs\_Fe).



**E.** Fragmentos de cuarzo I (cz I) en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARCs-OXs\_Fe), con presencia de cavidades rellenas por agregados de cuarzo II (cz

II). **F.** Moldes de posibles feldespatos alterados completamente por agregados de sericita e impregnaciones de arcillas (ser-ARCs) y fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I) subangulosos y corroídos por la matriz. La matriz está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **G.** Fragmentos de roca I (FRs I) y fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I) subangulosos y corroídos por la matriz. La matriz está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARC) con cristales de minerales opacos alterados por óxidos de hierro (OPs-OXs\_Fe) en intersticios. **H.** Fragmentos de roca I (FRs II) en matriz que está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas y con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARC-OXs\_Fe).



**I.** Fragmentos de roca V (FRs V) en matriz que está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARC) con cristales de minerales opacos (OPs) en intersticios. **J.** Agregados de vidrio que han sido devitrificados a agregados de feldespatos potásicos y cuarzo en agregados de aspecto plumosos, en matriz que está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas y con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARC-OXs\_Fe).

#### 4.1.2. Estudio Petrográfico/Muestra – 2

La segunda muestra de roca ha sido descrita de forma macroscópica y microscópica trabajado por el Laboratorio de Investigación y servicios para la actividad Minera e Industrial BIZALab.

### ESTUDIO PETROGRÁFICO

CLASIFICACIÓN DE LA ROCA

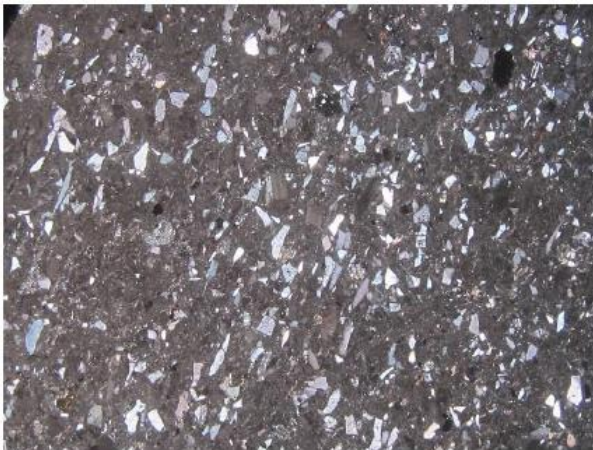
TOBA CRISTALOLÍTICA

### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca volcánica de textura fragmental, compacta y de color gris blanquecina. Presenta distintos fragmentos líticos, la mayoría de estos poseen una textura porfirítica; también presentan fragmentos de feldespatos y de cuarzo. Algunos sectores presentan impregnaciones de óxidos de hierro.



### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA



La muestra es una roca volcánica con textura fragmental. Se aprecian fragmentos de cristales de plagioclasas, moldes de posibles feldespatos (alterados por sericita y arcillas), cuarzo I y pequeños cristales de zircón y apatito; junto a distintos fragmentos de roca. En una matriz moderadamente reemplazada por agregados criptocristalinos de sílice, sericita microescamosa y agregados terrosos de arcillas. Por algunos sectores de la matriz se aprecian cavidades que han sido rellenadas por agregados de cuarzo II. Se observan minerales opacos diseminados y alterados a óxidos de hierro.

MINERALES PRIMARIOS			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Plagioclasas	Fragmentos de cristales con formas tabulares e irregulares, muy fracturados, con macla polisintética y, algunos fragmentos se aprecian zonados. Se presentan ligeramente alterados por agregados de sericita y arcillas; y ocasionalmente con impregnaciones de óxidos de hierro. Por sectores se aprecian posibles moldes que han sido completamente reemplazados por agregados microescamosos de sericita.	10	≤ 400
Cuarzo I	Fragmentos de cristales con formas irregulares y subangulosos, con bordes corroídos. Se hallan dispersos en la matriz.	18	≤ 480

MINERALES PRIMARIOS			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Fragmento	Fragmentos con formas tabulares y flexionados de posible biotita que han sido alterados por agregados de óxidos de hierro.	-	≤ 300
Zircón	Fragmentos de cristales con formas irregulares y subangulosos, con bordes corroídos. Se hallan dispersos en la matriz.	Traza	≤ 80

MINERALES PRIMARIOS			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Apatito	Cristales de habito prismático. Se aprecian diseminados en la matriz de la muestra.	Traza	≤ 170

FRAGMENTOS DE ROCA			
	DESCRIPCIÓN	%	µm
	Fragmentos de roca volcánica (FRs I), posible andesita. Presentan formas subangulosas y textura porfírica; conformados por fenocristales de plagioclasas (con tamaños hasta de 100 micras) ligeramente alterados por agregado de sericita y arcillas. La matriz se aprecia moderadamente alterada por óxidos de hierro, con presencia de minerales opacos en intersticios.	1	≤ 400
	Fragmentos de roca volcánica (FRs II), posible andesita. Se aprecian con formas irregulares y subangulosas, y textura porfírica. Conformada por plagioclasas (con tamaños hasta de 50 micras) alteradas por agregados de sericita y arcillas; así mismo, la matriz se aprecia intensamente alterada por sericita y abundantes impregnaciones de arcillas.	Traza	≤ 600
	Fragmentos de roca (FRs III), con formas irregulares y subredondeadas. Se aprecian intensamente alterados por agregados microescamosos de sericita. Algunos fragmentos presentan agregados de cuarzo secundario en oquedades.	Traza	≤ 200

### MATRIZ

La matriz está conformada por material vítreo y ha sido alterada por agregados de sílice, arcillas y agregados microescamosos de sericita. Presenta impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos diseminados. En algunos sectores se aprecian cavidades que han sido rellenadas por cuarzo secundario (cuarzo II).

MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Vidrio	Material criptocristalino, se encuentra moderadamente alterado por agregados de sílice, arcillas y sericita. Conforman la matriz de la toba. Por sectores se puede apreciar perlas y esquirlas que también han sido alteradas.	5	≤ 5

### MINERALES SECUNDARIOS

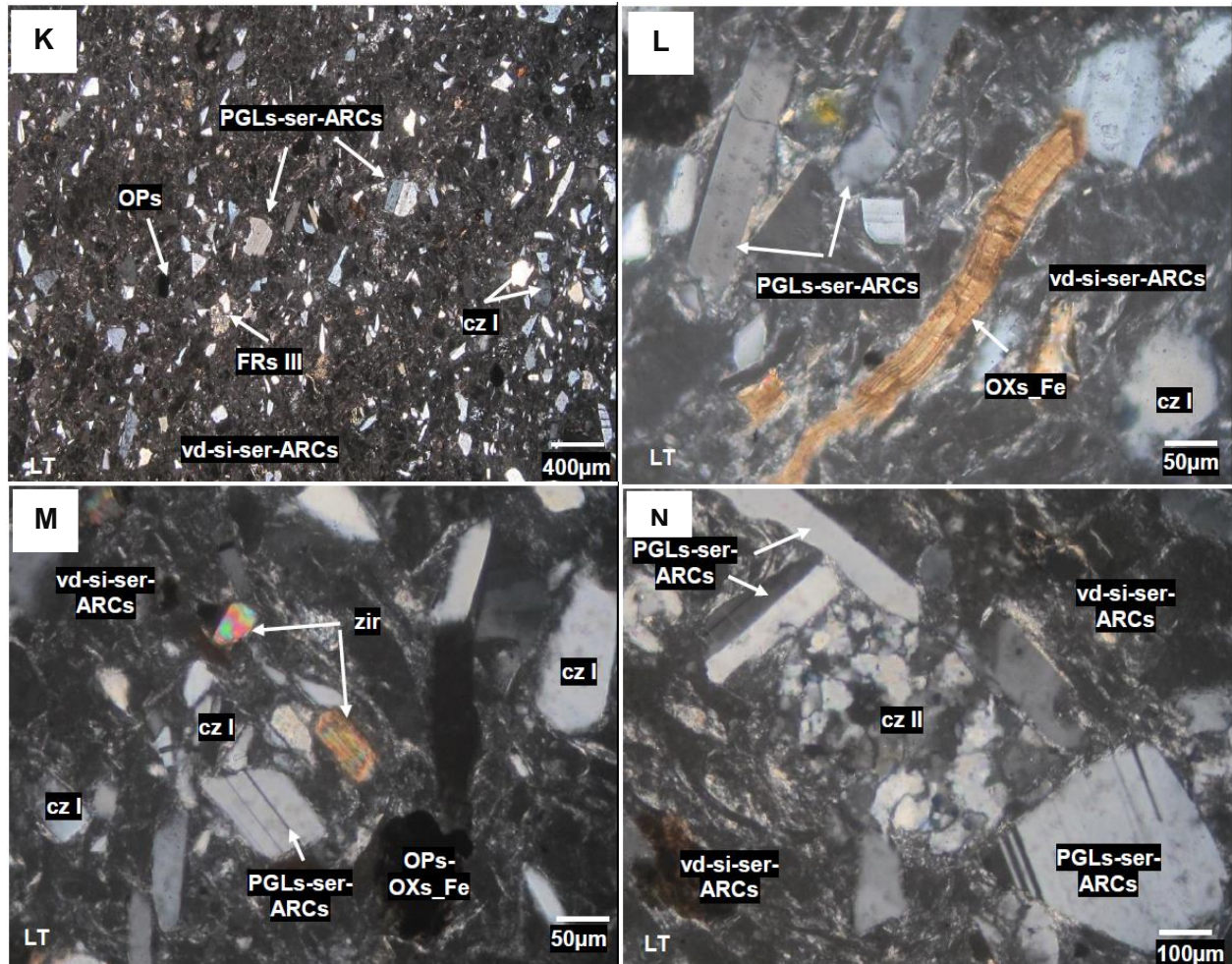
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Sílice	Agregados criptocristalinos, han reemplazado moderadamente a la matriz de la roca junto a los agregados microescamosos de sericita y agregados terrosos de arcillas.	38	≤ 5
Sericita	Agregados microescamosos, se encuentran junto a agregados terrosos de arcillas como alteración ligera de las plagioclasas; también han alterado moderadamente a la matriz vítrea junto a agregados de sílice y de arcillas.	15	≤ 10
Arcillas	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan como alteración ligera de cristales de plagioclasas junto a agregados de sericita; también se encuentran alterando intensamente a la matriz junto a agregados criptocristalinos de sílice y sericita.	10	≤ 5
Cuarzo II	Agregados microgranulares, que se aprecian rellenando intersticios en la matriz y cavidades; también, ha ingresado a través de oquedades de algunos fragmentos líticos.	Traza	≤ 100
Minerales opacos	Pequeños cristales irregulares, se presentan diseminados en la matriz y en los fragmentos líticos; algunos están alterados a óxidos de hierro.	Traza	≤ 300
Óxidos de hierro	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan alterando a minerales opacos y como impregnaciones en la matriz. Ocasionalmente, se observan como impregnaciones en los fragmentos líticos.	3	≤ 10
<b>TEXTURAS</b>	Fragmental		

### ALTERACIONES

Tipo	Intensidad	Ensamble de minerales
Silicificación	Moderada	Sílice y cuarzo
Sericitización	Moderada	Sericita
Argilización	Débil	Arcillas
Oxidación	Débil	Óxidos de hierro

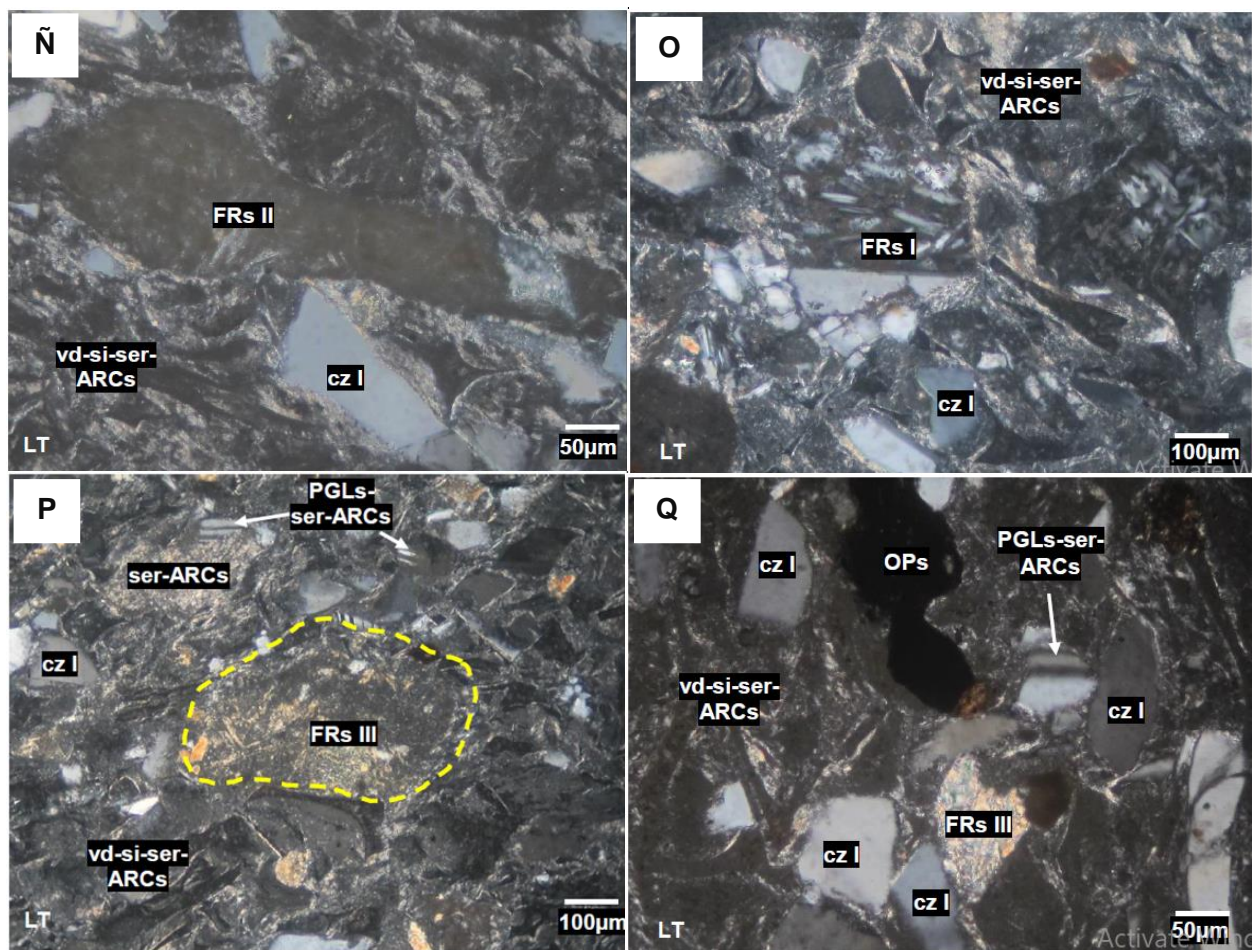
#### 4.1.2.1. Fotomicrografías/ Muestra – 2

Se realizó secciones delgadas vistas al microscopio de las cuales se logró identificar diversos minerales como se detallarán en las siguientes 8 fotos:



**K)** Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos de cuarzo I (cz I), cristales de minerales opacos (OPs) y fragmentos de distintos tipos de rocas, presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **L)** Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs) y fragmentos flexionados de posible biotita que han sido alterados por óxidos de hierro (OXs-Fe). En matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **M)** Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por

sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos de cuarzo I (cz I), cristales de minerales opacos alterados por óxidos de hierro (OPs-OXs\_Fe) y pequeños cristales de zircón (zir), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **N)** Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), en matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs), que presentan en algunas zonas presentan cavidades rellenas por agregados de cuarzo II (cz II).



**Ñ)** Fragmentos de cuarzo I (cz I) subangulosos y fragmentos de rocas II (FRs II), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **O)** Fragmentos de cuarzo I (cz I) subangulosos y fragmentos de rocas I (FRs I), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **P)** Fragmentos

de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos alterados completamente por sericita y arcillas (ser-ARCs) y fragmentos de rocas III (FRs III), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs). **Q)** Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), cristales de minerales opacos (OPs) y fragmentos de rocas III (FRs III), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).

#### 4.1.3. Análisis granulométrico

Se realizaron 2 muestreos de sedimentos que conformaban los estratos de la Formación Chota con la finalidad de tener un dato exacto de los porcentajes del contenido de la muestra ya sea Grava, Arena y Limos y arcillas, con estos datos se pretende describir el tipo de roca y su composición.

##### 4.1.3.1. Granulometría de Muestra – 3

La muestra N°3 de la Formación Chota se realizó en **E:** 760173, **N:** 9273149 y **C:** 2346 Con orientación NE-SW, se extrajo 60Kg de muestra representativa para traslado al laboratorio de suelos, para su posterior ensayo granulométrico. Los resultados se resumen a continuación:

Tabla 21: Resumen de resultados de ensayos granulométricos de Muestra - 3.

Código de la muestra	Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128 199 (revisada el 2019))			Contenido de Humedad (ASTM D2216-19)	Límites de Atterberg (ASTM D4318-17)		
	Gravas (%)	Arenas (%)	Limos y Arcillas (%)		LL	LP	IP
M03 – Petrografía	0%	77,2%	22,8%	18%	56	35	21

CLASIFICACIÓN DE SUELOS ASTM D 2487 - 17	
Nombre Alternativo (NTP339.134)	A.A.S.H.T.O. (NTP 339.135 – ASTM D3282)
SM – Arena limosa	A-2-7 (1) Grava y arena limoarcillosa



## Interpretación de los resultados

La muestra presenta en su contenido granulométrico de la totalidad de muestra el 77,2% corresponde a Arenas (0,075mm – 4,75mm) del total como Arena Gruesa (4,75mm – 2,00mm): 0,3%; Arena Media (2,00mm – 0,425mm): 28,9% y Arena Fina (0,425mm – 0,075mm): 48,0% y el 22,8% a Limos y arcillas (<0.075mm) por lo que se le clasifica como un SM – Arena Limosa / Grava y arena limoarcillosa.

En cuanto a su ensayo de Límites de Atterberg se obtuvieron los siguientes resultados Límite Líquido (LL): 56; los valores entre 40 - 150 clasifica a un suelo como arcilloso, el Límite Plástico (LP): 35 los valores entre 25 - 50 clasifica a un suelo como arcilloso y el Índice de Plasticidad (IP): 21 los valores mayores a 11 clasifica a un suelo como arcilloso este valor indica la medida de la plasticidad de un suelo dado por el valor de la humedad en el que el suelo se comporta como un material plástico. Como información complementaria se obtuvieron los siguientes datos del Índice de Líquidos (IL): -0.81, Índice de Compresión (Cc): 0,41 y Consistencia Relativa (CR): 1,81.

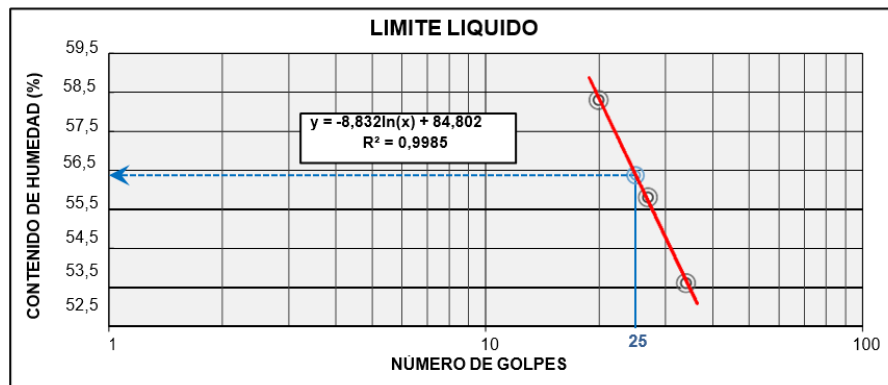


Gráfico N° 1: Límite líquido y límite plástico de Muestra - 3.

En cuanto a las características granulométricas, el diámetro efectivo  $D_{60}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{10}$  (mm): 0,37; 0,15 y 0,01 respectivamente estos valores representan al tamaño de partícula de suelo para el cual el 60%, 30% y 10% de ese material, en peso, tiene un tamaño menor, y corresponde a  $P = 60\%$ ,  $30\%$  y  $10\%$  de la curva granulométrica, de modo que el 60%, 30% y 10% de las partículas son más finas que  $D_{60}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{10}$ , y el 40%, 60% y 90% más grueso. Con ello se obtuvo un Coeficiente de Uniformidad ( $C_u$ ): 36,64 que indica que tan uniforme es la muestra en este caso el valor obtenido representa a una muestra mal gradada y el Coeficiente de Curvatura ( $C_c$ ): 6,50 mide el grado de la curvatura de la

granulometría e indica el equilibrio que existe entre diferentes intervalos de tamaño de partículas de suelo en este caso indica ser suelos mal gradados.

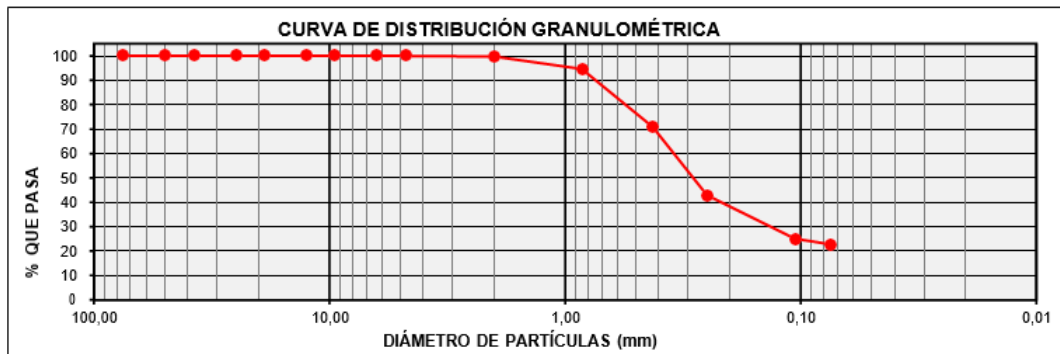


Gráfico N° 2: Curvas de distribución granulométrica de Muestra - 3.

#### 4.1.3.2. Granulometría de Muestra – 4

La muestra N°4 de la Formación Chota se realizó en E: 761290, N: 9273732 y C: 2470 con orientación SW - NE, se extrajo 60Kg de muestra representativa para traslado al laboratorio de suelos, para su posterior ensayo granulométrico. Los resultados se resumen a continuación:

Tabla 22: Resumen de resultados de ensayos granulométricos de Muestra - 3.

Código de la muestra	Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128 199 (revisada el 2019))			Contenido de Humedad (ASTM D2216-19)	Límites de Atterberg (ASTM D4318-17)		
	Gravas (%)	Arenas (%)	Limos y Arcillas (%)		LL	LP	IP
M04– Petrografía	76,4%	8,1%	15,5%	5%	71	30	21

CLASIFICACIÓN DE SUELOS ASTM D 2487 - 17	
NOMBRE ALTERNATIVO (NTP339.134)	A.A.S.H.T.O. (NTP 339.135 – ASTM D3282)
GC – Grava arcillosa	A-2-7 (0) Grava y areno limoarcillosa

#### Interpretación de los resultados

La muestra presenta en su contenido granulométrico de la totalidad de muestra el 76,4% corresponde a gravas (4,75mm – 75mm), 8,1% a Arenas (0,075mm – 4,75mm) del total como Arena Gruesa (4,75mm – 2,00mm): 1,2%; Arena Media (2,00mm – 0,425mm):

2,9% y Arena Fina (0,425mm – 0,075mm): 4,0% y el 15,5% a Limos y arcillas por lo que se le clasifica como un GC – Grava arcillosa / Grava y areno limoarcillosa.

En cuanto a su ensayo de Límites de Atterberg se obtuvieron los siguientes resultados Límite Líquido (LL): 71; los valores entre 40 - 150 clasifica a un suelo como arcilloso, el Límite Plástico (LP): 30 los valores entre 25 - 50 clasifica a un suelo como arcilloso y el Índice de Plasticidad (IP): 41 los valores mayores a 11 clasifica a un suelo como arcilloso este valor indica la medida de la plasticidad de un suelo dado por el valor de la humedad en el que el suelo se comporta como un material plástico. Cabe recalcar que el ensayo solo se realizó a la matriz de la estratificación ya que presenta gravas en su mayor porcentaje. Como información complementaria se obtuvieron los siguientes datos del Índice de Líquidos (IL): -0.61, Índice de Compresión (Cc): 0,55 y Consistencia Relativa (CR): 1,61.

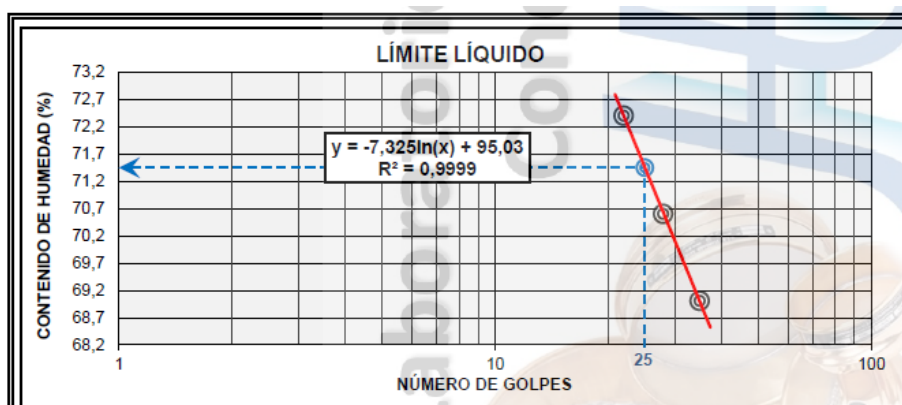


Gráfico N° 3: Límite líquido y límite plástico de Muestra - 4.

En cuanto a las características granulométricas, el diámetro efectivo  $D_{60}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{10}$  (mm): 38,19; 19,11 y 0 respectivamente estos valores representan al tamaño de partícula de suelo para el cual el 60%, 30% y 10% de ese material, en peso, tiene un tamaño menor, y corresponde a  $P = 60\%$ ,  $30\%$  y  $10\%$  de la curva granulométrica, de modo que el 60%, 30% y 10% de las partículas son más finas que  $D_{60}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{10}$ , y el 40%, 60% y 90% más grueso. El Coeficiente de Uniformidad (Cu) y el Coeficiente de Curvatura (Cc) no se ha determinado.

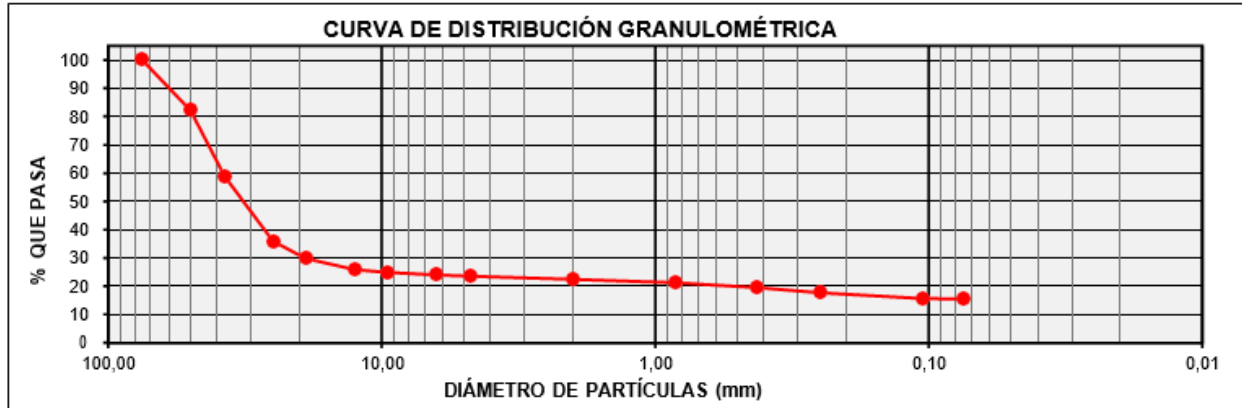


Gráfico N° 4: Curvas de distribución granulométrica de Muestra – 3.

#### 4.1.4. Facies Sedimentarias

Consiste en secuencias sedimentarias acumuladas en un determinado ambiente sedimentario

##### 4.1.4.1. Facies conglomeráticas

##### **Conglomerados clasto – soportados macizos (Gcm)**

Formados por clastos subredondeados a subangulosos de hasta 0,05m de diámetro de selección moderada. La matriz es arenosa.



Formada por conglomerados polimícticos, clasto-soportados, macizos van de tamaño subredondeadas a redondeadas de baja esfericidad, con selección moderada. La composición de los clastos es de areniscas, calizas y posible andesita. La matriz es de color pardo amarillento, tamaño arena media de baja esfericidad, mala selección, con

buena porosidad, en algunas partes cemento de carbonatos. Se dan en flujos de alta viscosidad y baja movilidad, su carácter clasto-soportado ocurre debido a que presenta una alta concentración de sedimentos. Este depósito se conoce también como conglomerado, carecen de estratificación y de todas las estructuras sedimentarias.

#### 4.1.4.2. Facies Arenosas

**Arenas macizas (Sm).** Constituida por arenitas de tamaño medio a grueso, de color gris claro, de baja esfericidad, subangulares, selección moderada, buena porosidad, compuesta por cuarzo, feldespatos y anfíboles; se presenta tanto en estratos tabulares como lenticulares en espesores decimétricos.

**Arenitas macizas (Sr).** Se presentan en forma tabular y lenticular dentro de los conglomerados. Consisten en areniscas de tamaño grueso a ligeramente conglomerática, macizas. Están formados por arenas medias a finas con buena selección.



Se produce en la transición de un régimen de flujo inferior a un régimen de flujo superior, en periodos de alta descarga, a partir de lechos planos indicando un régimen de flujo superior (Miall, 1996; Collinson, 1979).

#### **4.1.4.3. Facies Volcánicas**

Tufita (mixto piroclástico – epiclástico) Conglomerado tobáceo, arenas tobáceas, limolita tobácea, lodolita tobácea y arcillita tobácea.

Esta tesis coincide con lo descrito en el Boletín N°38 Wilson (1984) que describe a la Formación Chota como una secuencia de conglomerados, arcillas y areniscas y tiene conglomerados relativamente blandos intercalados con tobas. Y con el Boletín N°31 Rivera (1980), que describe a la Formación Chota como conglomerado calcáreo gris parduzco y areniscas rojizas intercaladas con bancos de arenas tobáceas de colores claros, verdosos y violáceos, el conglomerado calcáreo está compuesto por rodados redondeados y sub-redondeados de calizas y areniscas, en algunos sectores existe una intercalación de areniscas de grano grueso con lentes delgados de micro-conglomerado y bancos de arena tobácea de colores blanquecinos, gris-verdoso y morados, que por intemperismo adoptan un color rojo a rosado. Este estudio también se aproxima a lo encontrado en el estudio realizado a los 3km de la carretera.

#### **4.2. Ambiente de Sedimentación**

El análisis de la secuencia del final del mesozoico e inicios del cenozoico, nos evidencia el establecimiento de una cuenca de ante país en la Fase Peruana del Ciclo Andino donde se sedimentó la Formación Chota cuya característica principal es ser de grano creciente y su color de rojo a purpura verticalmente.

En el Santoniano al finalizar el ciclo de sedimentación marina de las formaciones calcáreas del Cretácico, cuando el mar aun cubría la zona andina, en toda la cuenca fue afectada por movimientos epirogenéticos levantándose las regiones de la cuenca y algunas de la plataforma, a consecuencia de ello se produce un proceso erosivo a gran escala que da origen a la acumulación de las capas rojas de la Formación Chota.

Entonces recopilamos los 5 eventos para la conformación de la Formación Chota:

1. Movimientos Epirogenéticos
2. Establecimiento del Ante país
3. Ambiente de transición
4. Procesos Erosivos
5. Ambiente Continental

Es por ello que se interpreta que durante el Cretácico Superior e inicios del Paleoceno se dio origen a la Formación Chota – la Zona Inferior representada por depósitos deltaicos debido a efervescencia de la matriz de los estratos este ambiente es interpretado como un sistema transgresivo y las Zonas Media y Superior las cuales se desarrollaron en el Paleoceno y Eoceno, está representada por el medio aluvio- fluvial debido a la presencia de cantos redondeados en una matriz arenosa lo que indica que la descarga que presenta es alta ya que permitió el transporte y depositación de cantos redondeados, y cuando disminuyo la energía del flujo se depositaron los sedimentos de arena y otros finos este ambiente es interpretado como un sistema regresivo.

#### **4.3. Contrastación de la hipótesis**

En cuanto a nuestra hipótesis inicial se describió que se encontrará en la Formación Chota conglomerados compuestos de rodados redondeados y subredondeados (composición areniscas y calizas) de coloración gris parduzca y areniscas rojizas intercaladas con arenas tobáceas de colores claros, verdosos y violáceos. Se ha encontrado lo mencionado, pero también se ha encontrado, arcillitas tobáceas, limos con coloraciones amarillentas, tonalidades rosadas en diferente intensidad, grises y violáceas y además tobas volcánicas.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

La petrografía de la Formación Chota se describe de la siguiente manera:

De la muestra N°1 se clasificó en el estudio macroscópico como Toba Cristalolítica de textura fragmental, debido a que presenta fragmentos líticos y cristales de plagioclasa y cuarzo. En el estudio microscópico, se determinaron los minerales primarios: plagioclasa, cuarzo y zircón y los fragmentos de roca que están presentes en la composición de la toba son posiblemente pertenecientes a una roca andesita las cuales pueden pertenecer a los volcánicos del Grupo Calipuy. Finalmente, en las fotomicrografías podemos recalcar la presencia de minerales ferromagnesianos que le dan la coloración a la Formación Chota, los cuales son reemplazados por carbonatos, minerales provenientes de las formaciones carbonatadas aledañas como son la Formación Celendín y Formación Cajamarca.

De la Muestra N°2 se clasificó en el estudio macroscópico como Toba Cristalolítica de textura fragmental, compacta y de color gris blanquecino. En el estudio microscópico, se determinaron los minerales primarios: plagioclasa, cuarzo, zircón y apatito y los fragmentos de roca que están presentes en la composición de la toba son posiblemente pertenecientes a una roca andesita las cuales pueden pertenecer a los volcánicos del Grupo Calipuy. Finalmente, en las fotomicrografías podemos recalcar la presencia de minerales ferromagnesianos que le dan la coloración a la Formación Chota y el alto contenido de arcillas.

Se logró además describir el tipo de sedimento a partir de su estudio sedimentológico: de la Muestra N°3 se determinó según su granulometría como GC – Grava arcillosa Y finalmente de la Muestra N°4 se determinó: SM – Arena limosa



En el cartografiado se realizó la inspección de todos los cortes de carretera determinando el afloramiento de la Formación en estudio.

Se concluye que por las características de las rocas y sedimentos encontrados el ambiente de sedimentación ha sido pertenecientes a un Ambiente Continental, más específico como medio abanico aluvio - fluvial y ambiente de transición

En cuanto a las columnas estratigráficas se concluye que en los 3 puntos de control se han encontrado las tres Zonas de la Formación Chota.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda para estudios futuros, ampliar el área de estudio no solo en corte de carreteras sino en quebradas, ríos y lugares donde estén expuestos los afloramientos rocosos para realizar un cartografiado local de la Formación Chota con la finalidad de contribuir con una investigación más a detalle.

Sacar un promedio de más de 10 muestras para estudio sedimentológico y microscópico debido a que la Formación Chota cuenta con una variada composición petrológica y sedimentológica además este estudio garantiza la precisión en cuanto a sus características físicos y químicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENITES, A; TEJADA, L; CHACALTANA, C; VALDIVIA, W; CHUMPITAZ, M. 2015. Presencia de carofitas en la Formación Chota (Cuenca Bagua) y su organización bioestratigráfica. Sociedad Geológica del Perú. Lima, Perú. 5p.
- BOGGS, S. 2009. Petrology of Sedimentary Rocks. 2 ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press. v.2, 35p.
- BRANNEY, M; KOKELAAR, P. 2003. Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites. Geological Society Memoir, The Geological Society. 27, 152p.
- CHACALTANA, C; VALDIVIA, W; BENITES, A; CHUMPITAZ, M. 2014. La Formación Chota en la cuenca Bagua: Evaluación e implicancias del criterio de clasificación litoestratigráfico. Sociedad Geológica del Perú. Lima, Perú. 1,5p.
- CRUZADO, G; CRISTÓLOGO, M. 2009. Estudio Geológico del Departamento de Cajamarca. INGEMMET. Perú, Cajamarca. 125p.
- DÁVILA, J. 2011. Diccionario geológico. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima, Perú.
- FISHER, R. 1961. Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. Geol. Soc. Amer. Bull. 5, 72,1409,1414p.
- FOLK, R. L. 1951. Stages of textural maturity in sedimentary rocks. Journal of Sedimentary. Petrology. 21, 127,130p.
- FOLK, R. L. 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. University of Texas: Hemphill Publishing Company. 78,182p.
- GARAY, H. 2017. Estratigrafía secuencial de la Formación Celendín en el distrito de Celendín – Cajamarca. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 36p.
- GUACANEME, C. 2011. Petrografía y diagénesis a partir de núcleos de perforación de las rocas sedimentarias de la cuenca San Juan, Chocó. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo. Caldas, Colombia, Universidad de Caldas.1,4p.

- HERNÁNDEZ, U. 2017. Manual de prácticas de laboratorio de Petrología Sedimentaria. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo. Ciudad de México, México, Universidad Autónoma de México. 65,89p.
- HUANG, W. 1968. Petrología Sedimentaria. Utea, Madrid.10, 25,120p.
- PETTIJOHN, F; POTTER, P; SIEVER, R. 1973. Sand and sandstone. Springer-Verlag Berlin, v. 275, 607- 608p.
- PUY, M. 2006. Caracterización de facies, ambientes sedimentarios y procesos de depósito de la sucesión volcanosedimentaria el coyote, baja California Sur, México. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Marinas. Ciudad de México, México. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 25,27,42p.
- REQUEJO, N. 2016. Estratigrafía secuencial de la Formación Chota, Distrito de chota – Cajamarca, 2016. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo. Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 68p.
- RIVERA, L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba - Boletín N°31. INGENMET. Perú, Lima. 32p.
- TARBUCK, E; LUTGENS, F. 2005. Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. 8 ed. Madrid: Prentice Hall. v.8, 36p.
- WENTWORTH, C. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology. 30, 377,392p.
- WILSON, J. 1984. Geología - Cuadrángulo de Jayanca – Incahuasi – Cutervo Chiclayo – Chongoyape – Chota – Celendín - Paca. Serie A: Carta Geológica Nacional - Boletín A 38. INGENMET. Perú, Lima. 55 - 56p.

# **ANEXOS**

## PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 4: Punto inicial 1+413, se observa la disposición de facies son de colores que van desde gris blanquecino a colores violáceos. NW – SE. N: 9273211, E: 760080, C: 2337.



Fotografía 5: Vista de corte de carretera al frente del punto inicial, evidencia de la continuidad de la coloración. SE – NW. N: 9273202, E: 760126, C: 2339.



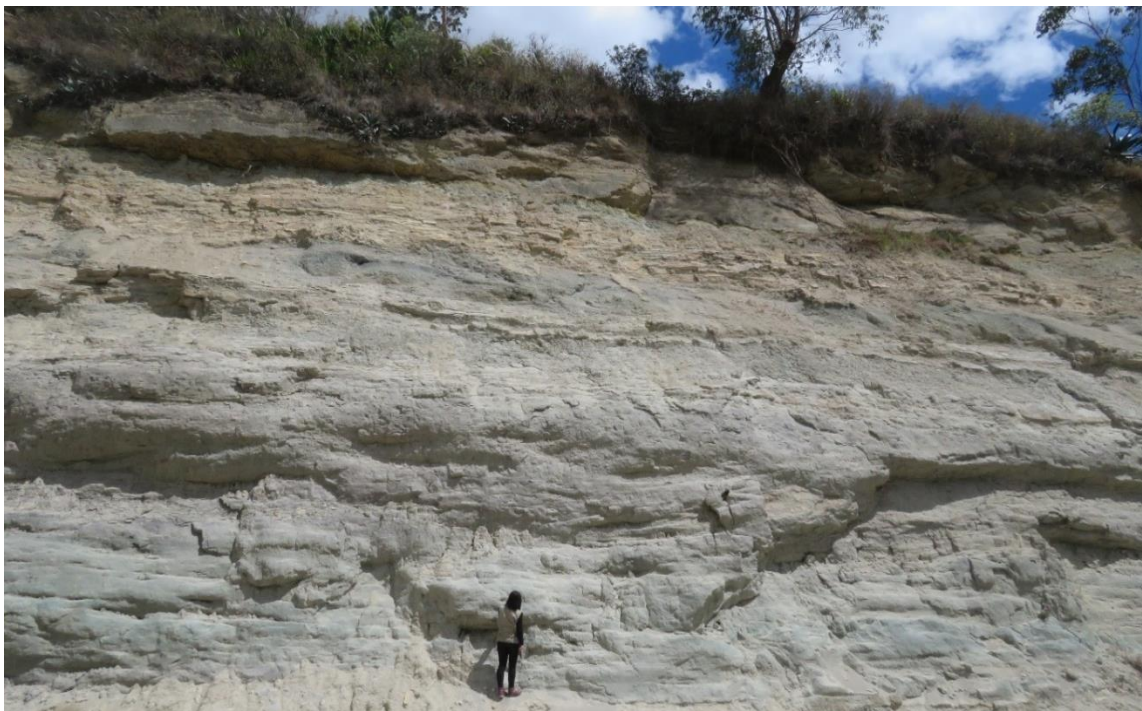
Fotografía 6: A este punto es un recorrido de 500m aproximadamente indica ser de la misma composición y de la misma coloración. SE – NW. N: 9272987, E: 760322 C: 2358.



Fotografía 7: Contacto de facies sedimentarias, se observa limolitas y arcillitas de coloración pardo amarillenta. SE – NW. N: 9273027, E: 760586, C: 2396.



Fotografía 8: Contacto de arenas de color gris con limolitas de color marrón anaranjado. NW – SE.  
N: 9273364, E: 760694, C: 2419.



Fotografía 9: Disposición de forma horizontal de arenas intercalada con limolitas. NW – SE. N:  
9273580, E: 760965, C: 2460.

**ANEXO**  
**ENSAYOS DE ROCAS**





## INFORME DE ENSAYO

### ESTUDIOS PETROGRÁFICOS POR MICROSCOPIA ÓPTICA DE DOS MUESTRAS

Para:

LIZ TAFUR

Aprobado por:

Gerente General: Erika Gabriel

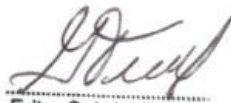


Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

Informe de Ensayo No: OTIV – 111 Rev. 0			
REV	EDICION	EMITIDO PARA	FECHA
0	Primera	Información	05-Nov-2021
<p><b>Descargo de Responsabilidad:</b> Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce.</p>			

**TABLA DE CONTENIDO**

	Pág.
I. INTRODUCCION .....	3
II. SIMBOLOGIA .....	4
III. RESUMEN EJECUTIVO.....	5
IV. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS POR MICROSCOPIA ÓPTICA .....	6
Muestra – 1.....	6
Muestra – 2.....	16

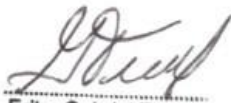
  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

## I. INTRODUCCION

A solicitud de LIZ TAFUR, se han realizado los estudios petrográficos por microscopia óptica de dos muestras.

Las muestras fueron proporcionadas por el cliente, como muestras de roca y en cantidades apropiadas para los estudios a realizar. El servicio corresponde a la orden de trabajo OTIV-111.

En los estudios petrográficos se aborda la descripción de las rocas (minerales no metálicos), mediante la técnica de microscopia óptica de luz polarizada (esencialmente con luz transmitida). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la naturaleza de sus componentes (esencialmente rocas), además de definir sus formas, tamaños, porcentajes y relaciones espaciales, lo cual finalmente permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones de formación, entre ellos alteraciones, texturas, reemplazamientos y posibles procesos evolutivos. Asimismo, se describen sus componentes tales como fragmentos de rocas (relacionados o no, genéticamente con la roca), componentes de la matriz y cemento, material amorfo o criptocristalino, cavidades, fracturas, entre otros.



**Erika Gabriel Tuesta**  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**II. SIMBOLOGIA**

NOMBRE	ABREVIATURA	FÓRMULA
Apatito	ap	$3Ca_3(PO_4)_2CaF_2$
Arcillas	ARCs	Composición variada
Cuarzo	cz	$SiO_2$
Epidota	ep	$Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$
Feldespatos potásicos	FPKs	Composición variada
Minerales Opacos	OPs	Composición variada
Óxidos de hierro	OXs_Fe	Composición variada
Plagioclasas	PGLs	Composición variada
Sericita	ser	$KAl_2(AlSi_3)_{10}(OH)_2$
Sílice	si	$SiO_2$
Vidrio	vd	$SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, H_2O$
Zircón	zir	$ZrSiO_4$

INTENSIDAD DE ALTERACIONES	
Incipiente	Menor a 0,5
Muy Débil	< 0,5 -1 ]
Débil	< 1 -10 ]
Moderada	< 10 - 40 ]
Intensa	Mayor a 40

LT:	Luz Transmitida
LR:	Luz Reflejada





 Erika Gabriel Tuesta  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
 BIZALAB S.A.C

### III. RESUMEN EJECUTIVO

La **MUESTRA 1** es una **TOBA CRISTALOLÍTICA** con textura fragmental. Se aprecian fragmentos de cristales de plagioclasas (8%) (alterados por sericita y arcillas), cuarzo I (16%); así como, distintos fragmentos de roca (5%) y pequeños fragmentos de cristales de zircón (traza). En una matriz de vidrio (1%) reemplazada por agregados de sílice (35%), sericita (20%) microescamosa y arcillas (8%); además, han ingresado agregados de cuarzo II (1%) que han rellenado cavidades en la matriz y, se aprecian impregnaciones de óxidos de hierro (6%) en algunos sectores. Los minerales opacos (traza) se halla en intersticios de la matriz y se aprecian alterados por óxidos de hierro.

La **MUESTRA 2** es una **TOBA CRISTALOLÍTICA** con textura fragmental. Presenta fragmentos de cristales de plagioclasas (10%) alterados por sericita (15%) y arcillas (10%); con fragmentos de cristales de cuarzo I (18%), fragmentos de posible biotita alteradas por óxidos de hierro (3%) y distintos fragmentos de roca (1%). Además, presentan escasos cristales de zircón (traza) y apatito (traza) diseminados. La matriz conformada por vidrio (5%) reemplazada por agregados de sílice (38%), sericita (20%) microescamosa y arcillas (8%) e impregnaciones de óxidos de hierro (3%); además, han ingresado agregados de cuarzo II (traza) que han rellenado cavidades en la matriz. Los minerales opacos (traza) se halla en intersticios de la matriz y se aprecian alterados por óxidos de hierro.



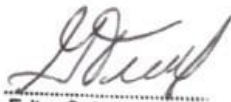
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**IV. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS POR MICROSCOPIA ÓPTICA**

**Muestra – 1**

**a. Estudio petrográfico**

<b>ESTUDIO PETROGRÁFICO</b>	
<b>CODIGO MUESTRA</b>	Muestra - 1
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	TOBA CRISTALOLÍTICA
<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA</b>	
<p>Roca volcánica de textura fragmental, compacta y de color gris parduzco. Presenta fragmentos líticos diversos; también fragmentos de plagioclasas y cuarzo; inmersos en una matriz afanítica alterada por sericita y arcillas con impregnaciones de óxidos.</p>	

  
 Erika Gabriel Tuesta  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
 BIZALAB S.A.C.

<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>	
	<p>La muestra es una roca volcánica con textura fragmental. Se aprecian fragmentos de cristales de plagioclasas, moldes de posibles feldspatos (alterados por sericita y arcillas), cuarzo I y pequeños cristales de zircón; así como, distintos fragmentos de roca. En una matriz moderadamente reemplazada por agregados criptocristalinos de sílice, sericita microescamosa y arcillas terrosas; además presenta impregnaciones de óxidos de hierro y cavidades que han sido rellenadas por agregados de cuarzo II. Se observan minerales opacos diseminados y alterados a óxidos de hierro.</p>

<b>MINERALES PRIMARIOS</b>			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Plagioclasas	Fragmentos de cristales con formas tabulares e irregulares, muy fracturados y con macla polisintética. Se presentan ligeramente alterados por sericita y arcillas; algunos con impregnaciones de óxidos de hierro. Por sectores se aprecian posibles moldes que han sido completamente reemplazados por agregados microescamosos de sericita y de cuarzo II e impregnaciones de arcillas.	8	≤ 800
Cuarzo I	Fragmentos de cristales con formas irregulares y subangulosos, con bordes corroídos. Se hallan dispersos en la matriz.	16	≤ 840
Zircón	Pequeños cristales anhedrales, irregulares, que se encuentran diseminados en la matriz de la muestra.	Traza	≤ 150

  
**Erika Gabriel Tuesta**  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
**BIZALAB S.A.C**

FRAGMENTOS DE ROCA		
DESCRIPCIÓN	%	µm
Fragmentos de roca volcánica (FRs I), posible andesita. Presentan formas subangulosas y textura porfirítica; conformados por fenocristales de plagioclasas (con tamaños hasta de 150 micras) ligeramente alterados por arcillas. La matriz se aprecia completamente alterada a óxidos de hierro, con presencia de minerales opacos en intersticios.	2	≤ 1050
Fragmentos de roca (FRs II), con formas irregulares y subangulosas. Se presentan completamente silicificada, con presencia de escasos minerales opacos en intersticios e impregnaciones de óxidos de hierro.	Traza	≤ 600
Fragmentos de toba (FRs III), con formas irregulares. Formada por fragmentos de cristales de plagioclasas (50 micras) y cuarzo primario (80 micras). En una matriz reemplazada por agregados de cuarzo secundario, que posteriormente ha sido invadida con impregnaciones de óxidos de hierro y presencia de minerales opacos en intersticios.	Traza	≤ 130
Fragmentos de roca (FRs IV), con formas irregulares. Está conformada por pequeños fragmentos de cristales de plagioclasas (50 micras) que han sido ligeramente alterados por agregados microescamosos de sericita, no se observa cuarzo primario. Presentan una matriz completamente alterada por agregados de cuarzo secundario y sericita. Se observa concentración de óxidos de hierro en algunas zonas y diminutos cristales de minerales opacos diseminados.	3	≤ 1500
Fragmentos de toba (FRs V), con formas irregulares. Formada por moldes de posibles feldespatos (150 micras) alterados por sericita e impregnaciones de óxidos de hierro, de cuarzo primario (130 micras) con bordes corroídos y moldes de posibles ferromagnesianos (170 micras) alterados completamente por epidota. En una matriz reemplazada por agregados microcristalino de cuarzo secundario, con impregnaciones de óxidos de hierro.	Traza	≤ 600

MATRIZ			
La matriz principalmente vítrea ha sido alterada por agregados de sílice, arcillas y agregados microescamosos de sericita. Presenta impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos diseminados. En algunos sectores se aprecian cavidades que han sido rellenadas por cuarzo secundario (cuarzo II).			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Vidrio	Material criptocristalino, se encuentra moderadamente alterado por agregados de sílice, arcillas y sericita. Conforman la matriz de la toba. por sectores se puede observar fragmentos de vidrio que han sido devitrificados a agregados de feldespatos potásicos y cuarzo en agregados plumosos.	1	≤ 5



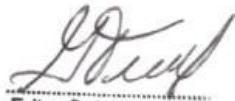
MINERALES SECUNDARIOS			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Sílice	Agregados criptocristalinos, que han reemplazado moderadamente a la matriz de la roca junto a los agregados microescamosos de sericita y agregados de arcillas terrosas. También se encuentra remplazando intensamente a los fragmentos líticos de menor tamaño.	35	≤ 5
Sericita	Agregados microescamosos, se encuentran junto a agregados terrosos de arcillas como alteración de los cristales de plagioclasas y de moldes de posibles feldespatos; también han alterado moderadamente a la matriz vítrea. Por sectores de la matriz, se aprecian con impregnaciones terrosas de óxidos de hierro.	20	≤ 10
Arcillas	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan como alteración de los moldes de feldespatos; también se encuentran alterando intensamente a la matriz junto a agregados microescamosos de sericita y agregados criptocristalinos de sílice.	8	≤ 5
Cuarzo II	Agregados microgranulares, se encuentra rellenando intersticios en la matriz y cavidades en esta; también ha ingresado a través de fracturas y oquedades de algunos fragmentos líticos. En menor grado han remplazado incipientemente a los moldes de feldespatos.	1	≤ 200
Minerales opacos	Pequeños cristales irregulares, se presentan diseminados en la matriz y en los fragmentos líticos; están alterados a óxidos de hierro.	Traza	≤ 200
Óxidos de hierro	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan alterando a minerales opacos y como impregnaciones en la matriz; también se encuentra como impregnaciones en los fragmentos líticos.	6	≤ 10

<b>TEXTURAS</b>	Fragmental.
-----------------	-------------

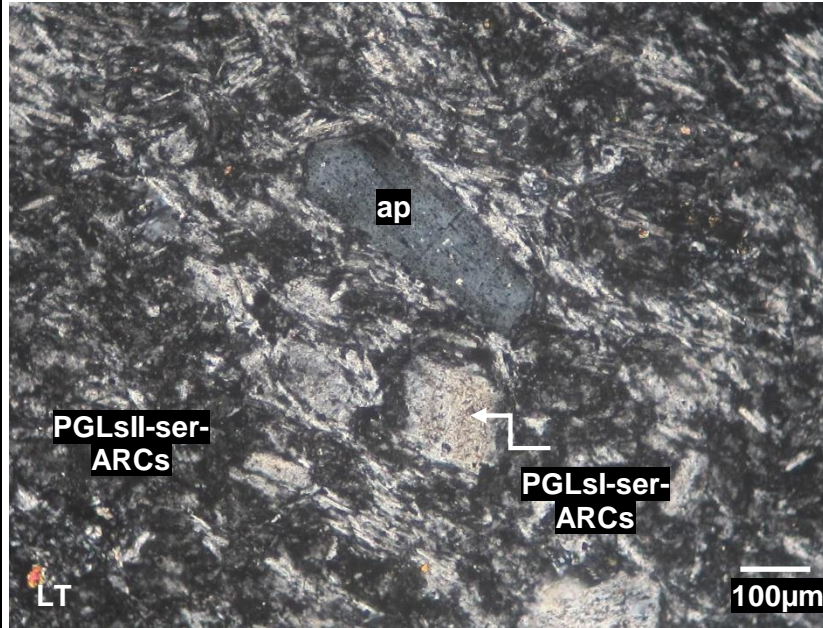


Erika Gabriel Tuesta  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
 BIZALAB S.A.C.

ALTERACIONES		
Tipo	Intensidad	Ensamble de minerales
Silicificación	Moderada	Sílice y cuarzo
Sericitización	Moderada	Sericita
Argilización	Débil	Arcillas
Oxidación	Débil	Óxidos de hierro

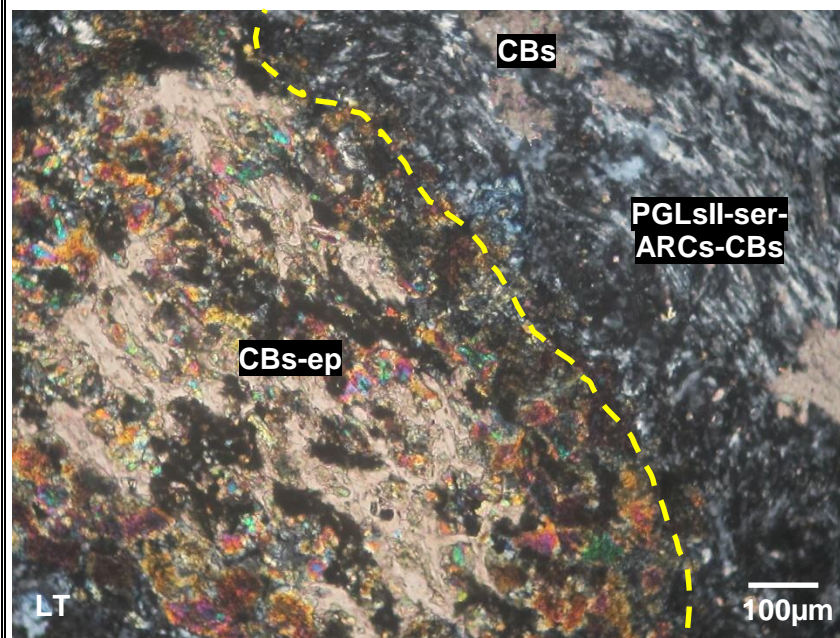
  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFÍAS**



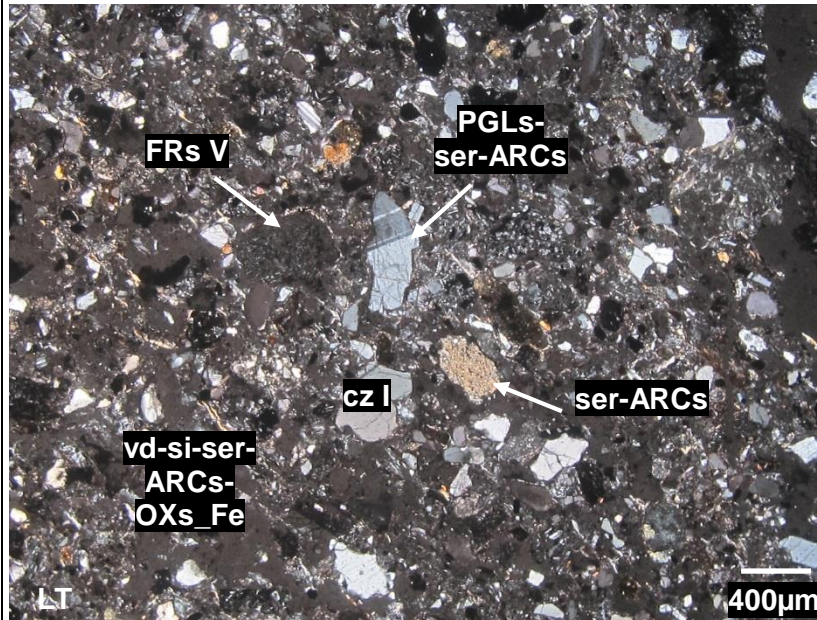
Fragmentos de fenocristales de plagioclasas I que ha sido alterado incipientemente por sericita y arcillas (PGLsI-ser-ARCs) y cristales prismáticos de apatito (ap); en una matriz formada por microlitos de plagioclasas II siguiendo una textura fluidal y con agregados de sericita y arcillas en sus intersticios (PGLsII-ser-ARCs).

Molde de fenocristales de posible ferromagnesiano que ha sido completamente reemplazado por agregados de carbonatos y epidota (CBs-ep). En una matriz formada por microlitos de plagioclasas II siguiendo una textura fluidal y con agregados de sericita y arcillas en sus intersticios (PGLsII-ser-ARCs) con parches de carbonatos (CBs) por sectores.



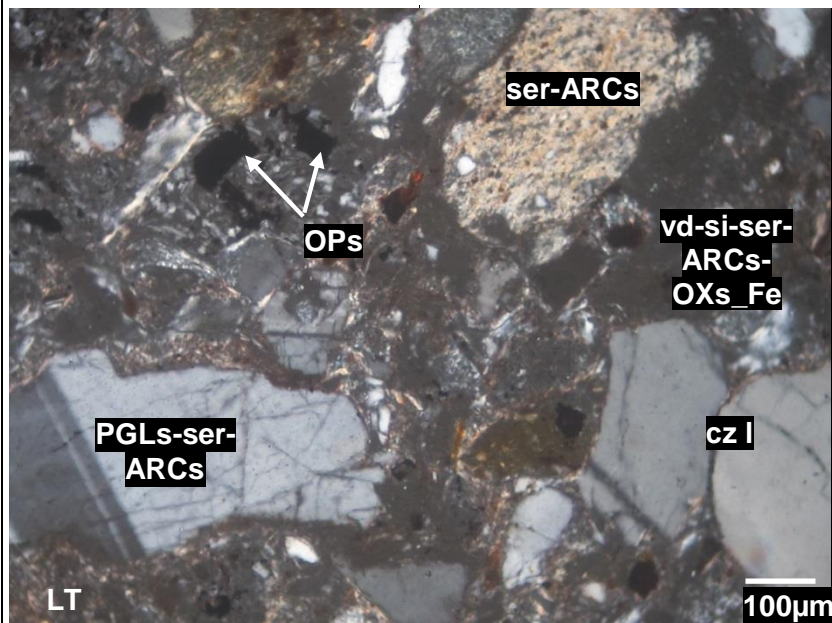
*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFIAS**



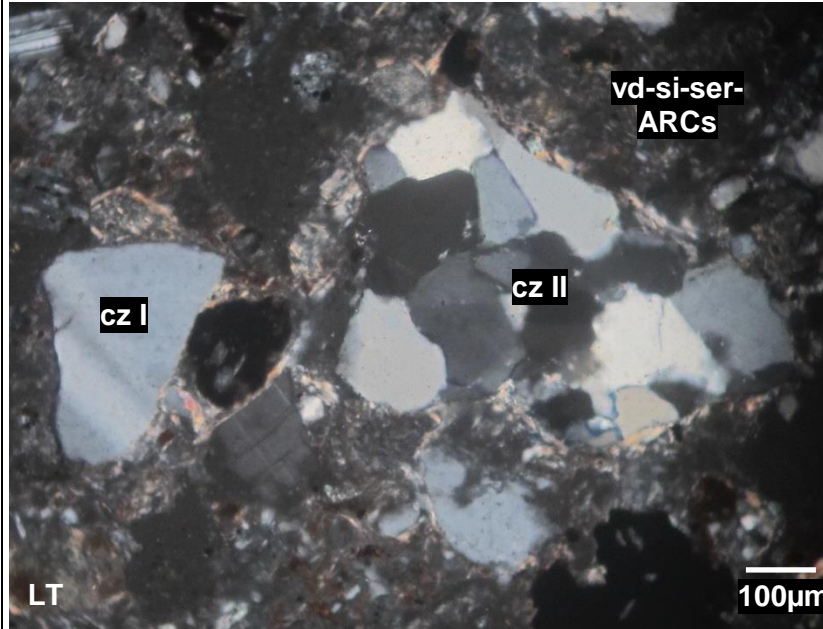
Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos alterados completamente por sericita y arcillas (ser-ARCs) y fragmentos de rocas V (FRs V), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas y con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARCs-OXs\_Fe).

Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos alterados completamente por sericita y arcillas (ser-ARCs) y cristales de minerales opacos (OPs), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARCs-OXs\_Fe).



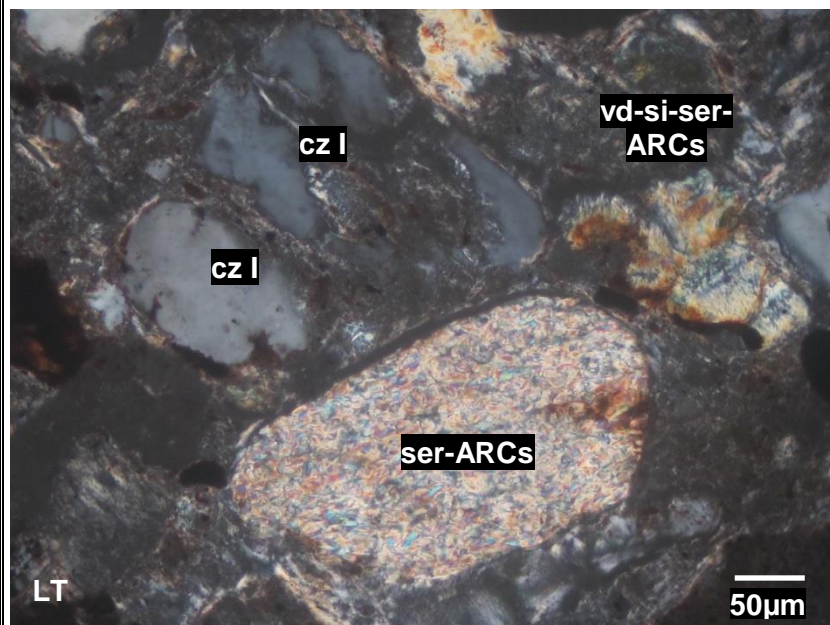
*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFÍAS**



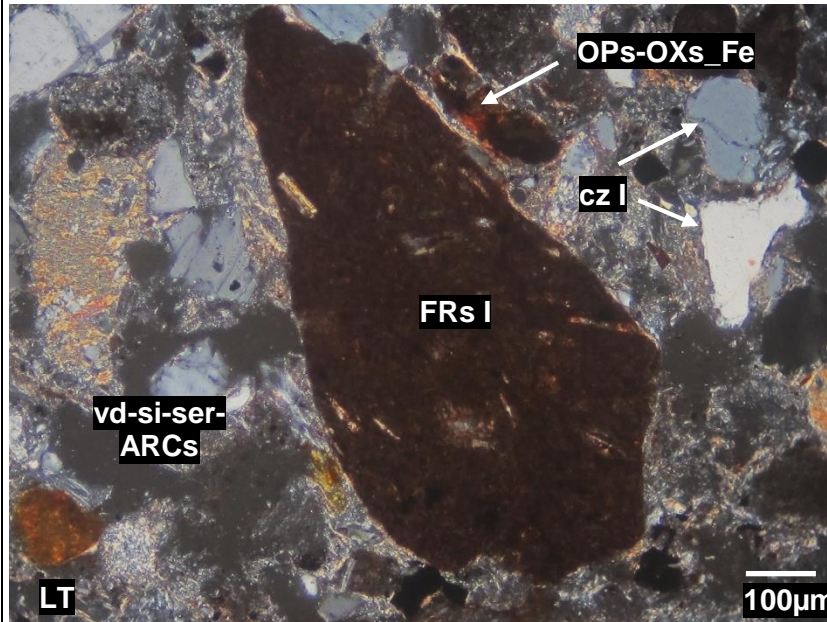
Fragmentos de cuarzo I (cz I) en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARCs-OXs\_Fe), con presencia de cavidades rellenas por agregados de cuarzo II (cz II).

Moldes de posibles feldspatos alterados completamente por agregados de sericita e impregnaciones de arcillas (ser-ARCs) y fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I) subangulosos y corroídos por la matriz. La matriz está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).



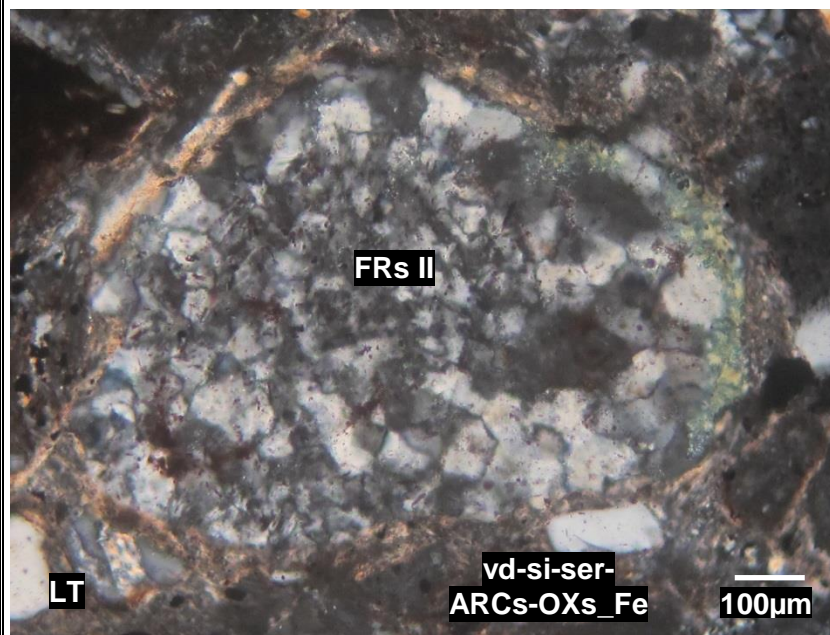
*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFÍAS**



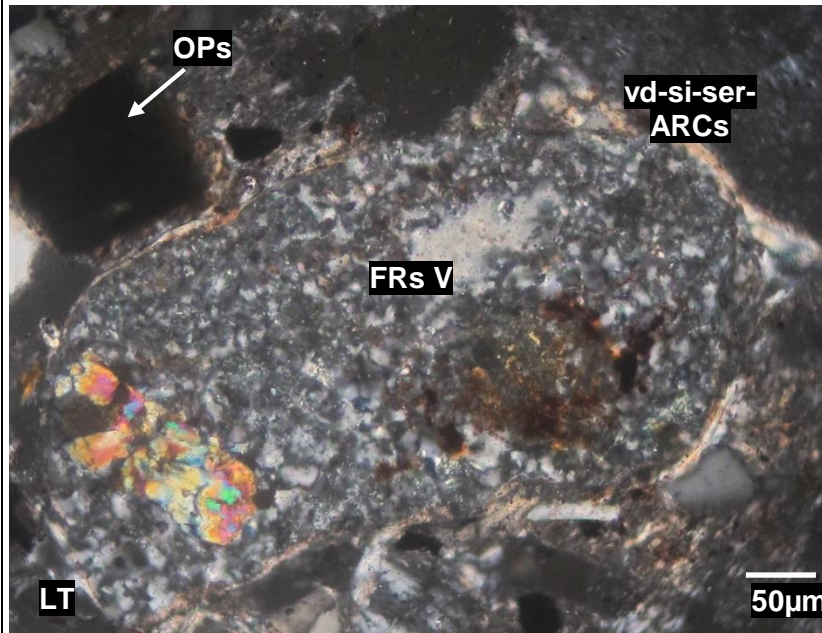
Fragmentos de roca I (FRs I) y fragmentos de cristales de cuarzo I (cz I) subangulosos y corroídos por la matriz. La matriz está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARC) con cristales de minerales opacos alterados por óxidos de hierro (OPs-OXs\_Fe) en intersticios.

Fragmentos de roca I (FRs II) en matriz que está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas y con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARC-OXs\_Fe).



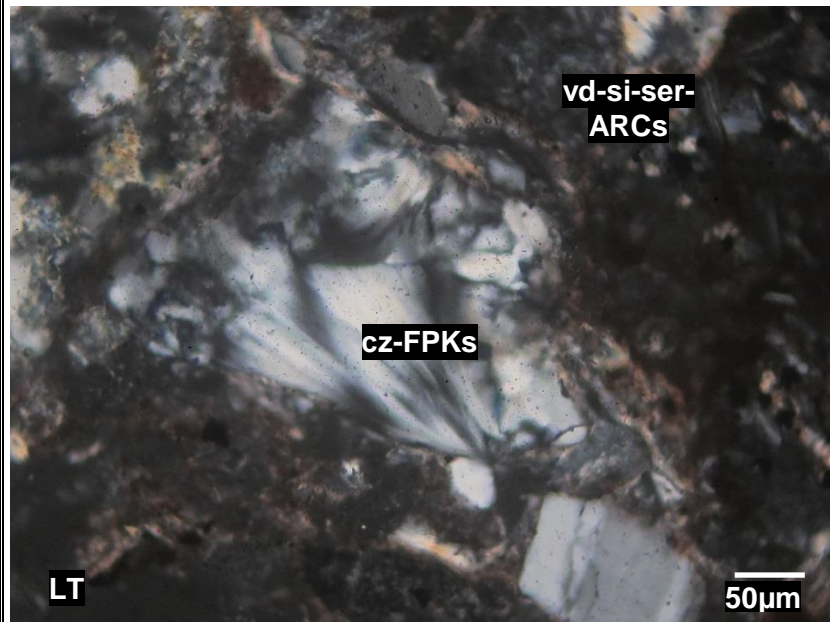
*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFIAS**



Fragments de roca V (FRs V) en matriz que está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARC) con cristales de minerales opacos (OPs) en intersticios.

Agregados de vidrio que han sido devitrificados a agregados de feldespatos potásicos y cuarzo en agregados de aspecto plumosos, en matriz que está conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas y con impregnaciones de óxidos de hierro (vd-si-ser-ARC-OXs\_Fe).



*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

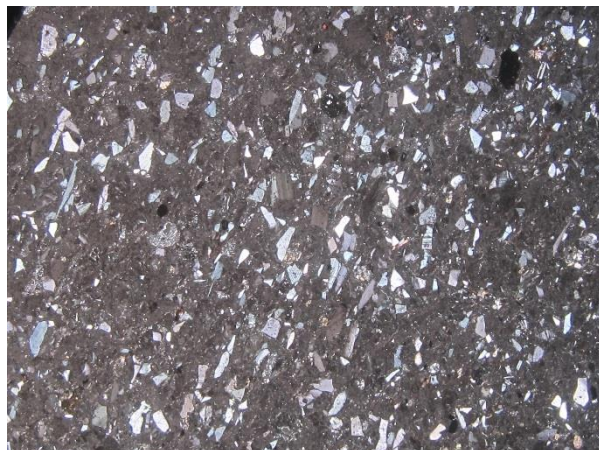
**Muestra – 2**

**a. Estudio petrográfico**

ESTUDIO PETROGRÁFICO	
<b>CODIGO MUESTRA</b>	Muestra - 2
<b>CLASIFICACIÓN DE LA ROCA</b>	TOBA CRISTALOLÍTICA
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
<p>Roca volcánica de textura fragmental, compacta y de color gris blanquecina. Presenta distintos fragmentos líticos, la mayoría de estos poseen una textura porfírica; también presentan fragmentos de feldespatos y de cuarzo. Algunos sectores presentan impregnaciones de óxidos de hierro.</p>	

  
**Erika Gabriel Tuesta**  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
**BIZALAB S.A.C**



**DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA**


La muestra es una roca volcánica con textura fragmental. Se aprecian fragmentos de cristales de plagioclasas, moldes de posibles feldspatos (alterados por sericita y arcillas), cuarzo I y pequeños cristales de zircón y apatito; junto a distintos fragmentos de roca. En una matriz moderadamente reemplazada por agregados criptocristalinos de sílice, sericita microescamosa y agregados terrosos de arcillas. Por algunos sectores de la matriz se aprecian cavidades que han sido rellenas por agregados de cuarzo II. Se observan minerales opacos diseminados y alterados a óxidos de hierro.

**MINERALES PRIMARIOS**

MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Plagioclasas	Fragmentos de cristales con formas tabulares e irregulares, muy fracturados, con macla polisintética y, algunos fragmentos se aprecian zonados. Se presentan ligeramente alterados por agregados de sericita y arcillas; y ocasionalmente con impregnaciones de óxidos de hierro. Por sectores se aprecian posibles moldes que han sido completamente reemplazados por agregados microescamosos de sericita.	10	≤ 400
Cuarzo I	Fragmentos de cristales con formas irregulares y subangulosos, con bordes corroídos. Se hallan dispersos en la matriz.	18	≤ 480

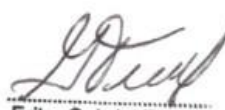
**MINERALES PRIMARIOS**


MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Fragmento	Fragmentos con formas tabulares y flexionados de posible biotita que han sido alterados por agregados de óxidos de hierro.	-	≤ 300
Zircón	Pequeños cristales anhedrales, irregulares, que se encuentran diseminados en la matriz de la muestra. Algunos cristales presentan impregnaciones de óxidos de hierro.	Traza	≤ 80

MINERALES PRIMARIOS			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Apatito	Cristales de habito prismático. Se aprecian diseminados en la matriz de la muestra.	Traza	≤ 170

FRAGMENTOS DE ROCA		
DESCRIPCIÓN	%	µm
Fragmentos de roca volcánica (FRs I), posible andesita. Presentan formas subangulosas y textura porfírica; conformados por fenocristales de plagioclasas (con tamaños hasta de 100 micras) ligeramente alterados por agregado de sericita y arcillas. La matriz se aprecia moderadamente alterada por óxidos de hierro, con presencia de minerales opacos en intersticios.	1	≤ 400
Fragmentos de roca volcánica (FRs II), posible andesita. Se aprecian con formas irregulares y subangulosas, y textura porfírica. Conformada por plagioclasas (con tamaños hasta de 50 micras) alteradas por agregados de sericita y arcillas; así mismo, la matriz se aprecia intensamente alterada por sericita y abundantes impregnaciones de arcillas.	Traza	≤ 600
Fragmentos de roca (FRs III), con formas irregulares y subredondeadas. Se aprecian intensamente alterados por agregados microescamosos de sericita. Algunos fragmentos presentan agregados de cuarzo secundario en oquedades.	Traza	≤ 200

MATRIZ			
La matriz está conformada por material vítreo y ha sido alterada por agregados de sílice, arcillas y agregados microescamosos de sericita. Presenta impregnaciones de óxidos de hierro y minerales opacos diseminados. En algunos sectores se aprecian cavidades que han sido rellenadas por cuarzo secundario (cuarzo II).			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Vidrio	Material criptocristalino, se encuentra moderadamente alterado por agregados de sílice, arcillas y sericita. Conforman la matriz de la toba. Por sectores se puede apreciar perlas y esquirlas que también han sido alteradas.	5	≤ 5




**Erika Gabriel Tuesta**  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
 BIZALAB S.A.C

MINERALES SECUNDARIOS			
MINERAL	DESCRIPCIÓN	%	µm
Sílice	Agregados criptocristalinos, han reemplazado moderadamente a la matriz de la roca junto a los agregados microescamosos de sericita y agregados terrosos de arcillas.	38	≤ 5
Sericita	Agregados microescamosos, se encuentran junto a agregados terrosos de arcillas como alteración ligera de las plagioclasas; también han alterado moderadamente a la matriz vítrea junto a agregados de sílice y de arcillas.	15	≤ 10
Arcillas	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan como alteración ligera de cristales de plagioclasas junto a agregados de sericita; también se encuentran alterando intensamente a la matriz junto a agregados criptocristalinos de sílice y sericita.	10	≤ 5
Cuarzo II	Agregados microgranulares, que se aprecian relleno intersticios en la matriz y cavidades; también, ha ingresado a través de oquedades de algunos fragmentos líticos.	Traza	≤ 100
Minerales opacos	Pequeños cristales irregulares, se presentan diseminados en la matriz y en los fragmentos líticos; algunos están alterados a óxidos de hierro.	Traza	≤ 300
Óxidos de hierro	Agregados terrosos y criptocristalinos, se presentan alterando a minerales opacos y como impregnaciones en la matriz. Ocasionalmente, se observan como impregnaciones en los fragmentos líticos.	3	≤ 10

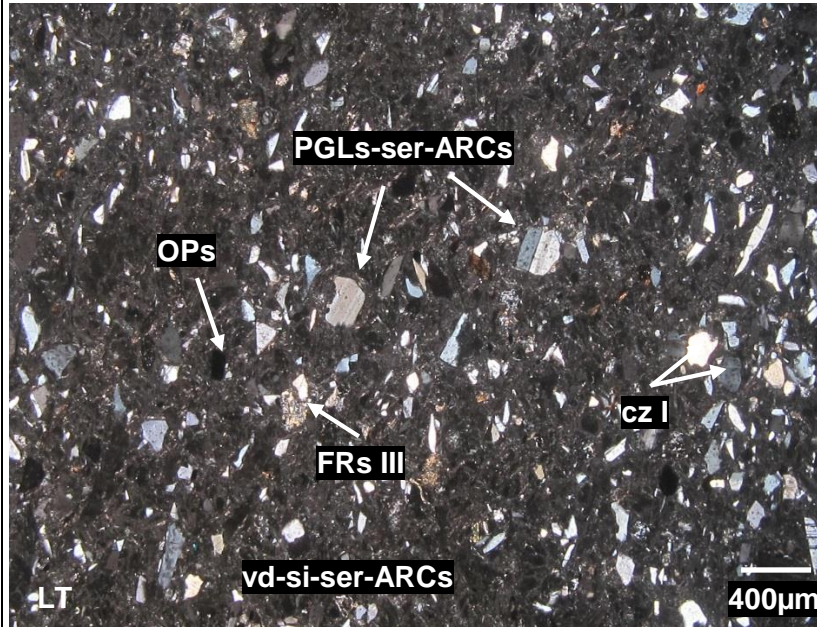
<b>TEXTURAS</b>	Fragmental.
-----------------	-------------

ALTERACIONES		
Tipo	Intensidad	Ensamble de minerales
Silicificación	Moderada	Sílice y cuarzo
Sericitización	Moderada	Sericita
Argilización	Débil	Arcillas
Oxidación	Débil	Óxidos de hierro



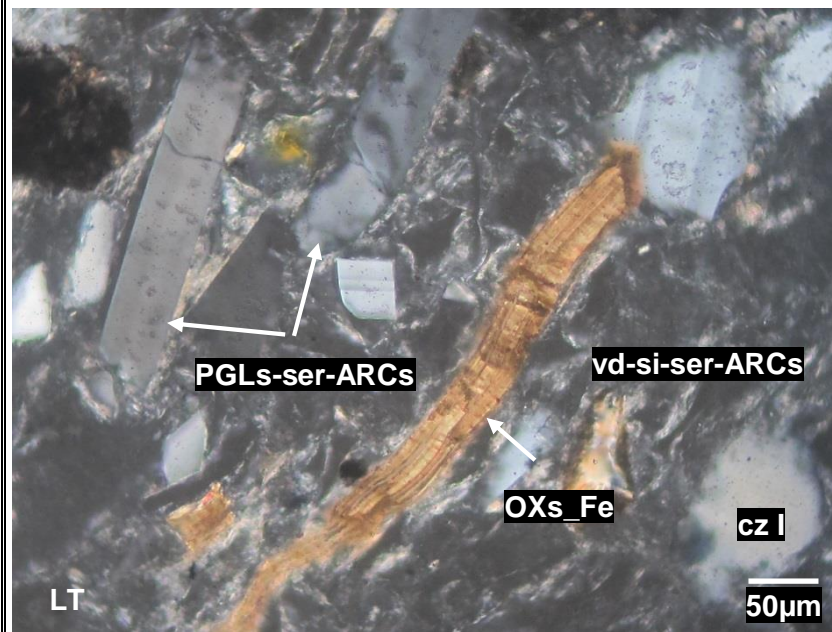

 Erika Gabriel Tuesta  
 Licenciada en Química  
 Gerente General  
 BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFIAS**



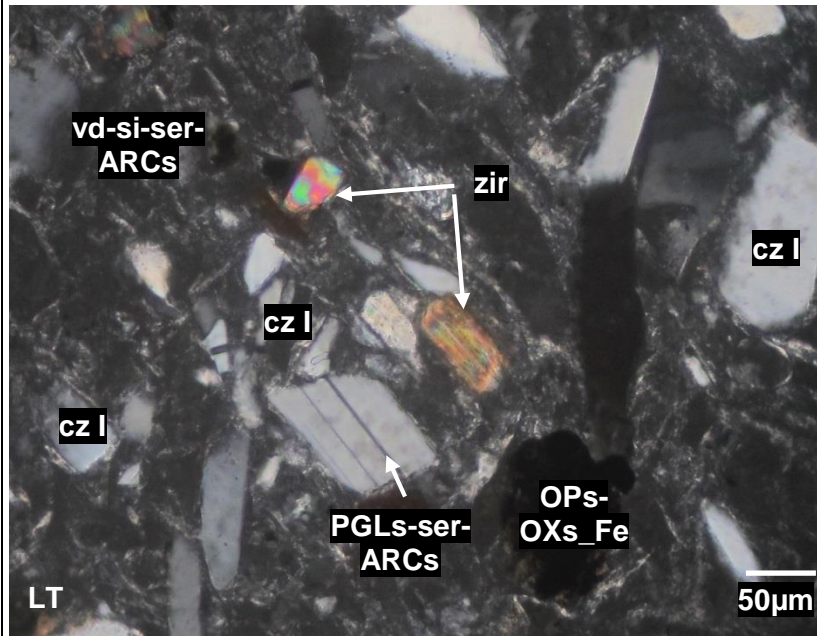
Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos de cuarzo I (cz I), cristales de minerales opacos (OPs) y fragmentos de distintos tipos de rocas, presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).

Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs) y fragmentos flexionados de posible biotita que han sido alterados por óxidos de hierro (OXs-Fe). En matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).



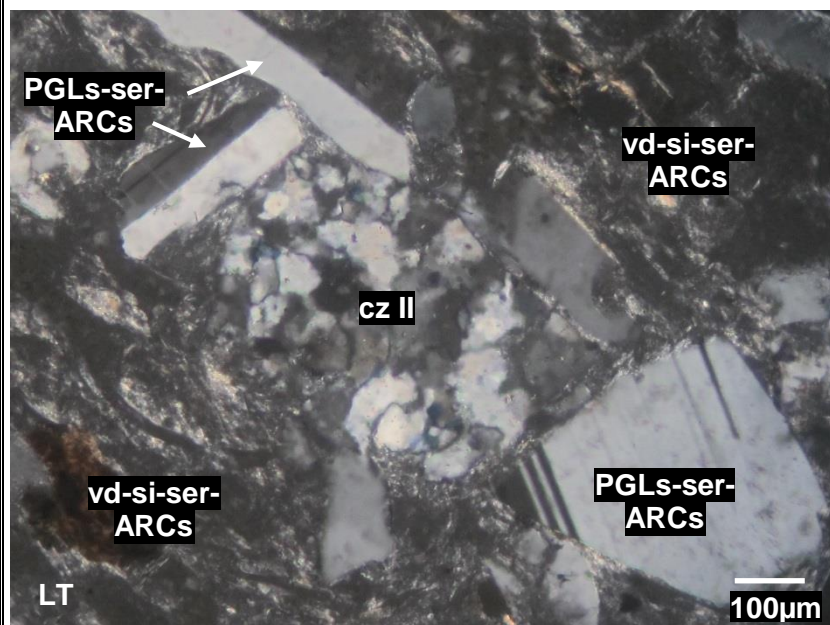
*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFÍAS**



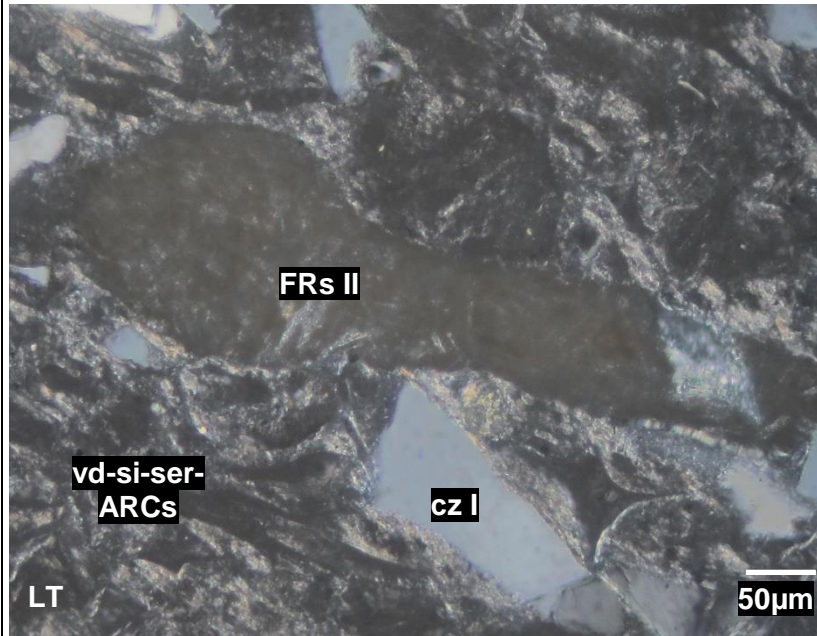
Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos de cuarzo I (cz I), cristales de minerales opacos alterados por óxidos de hierro (OPs-OXs\_Fe) y pequeños cristales de zircón (zir), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).

Fragmentos de cristales de plagioclasas que han sido incipientemente alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), en matriz conformada por vidrio que ha sido alterado por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs), que presentan en algunas zonas presentan cavidades rellenas por agregados de cuarzo II (cz II).

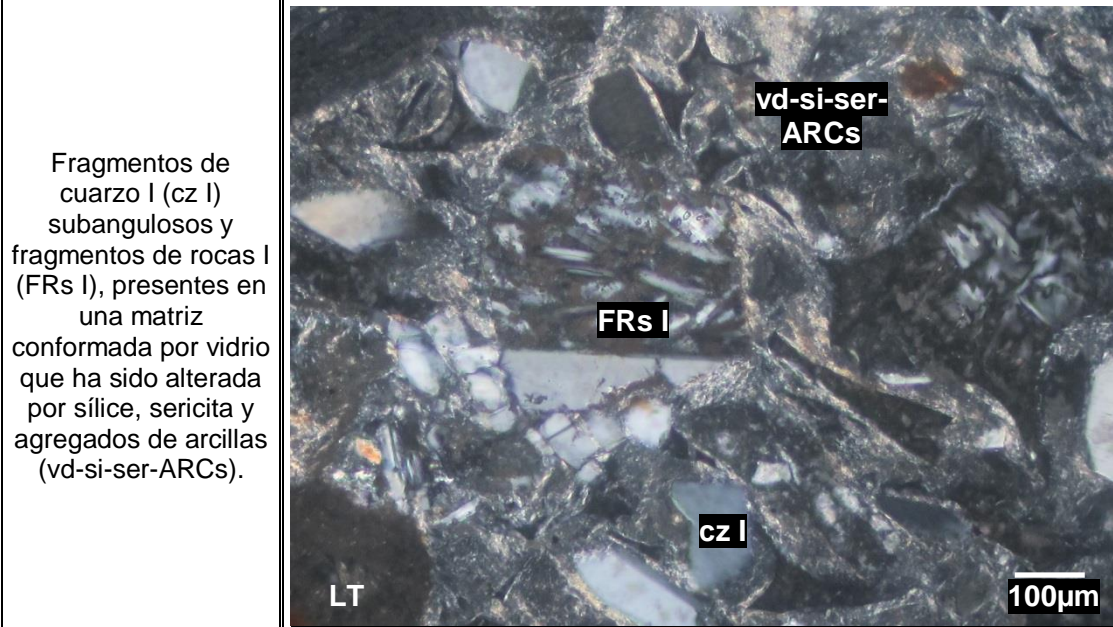


*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFIAS**



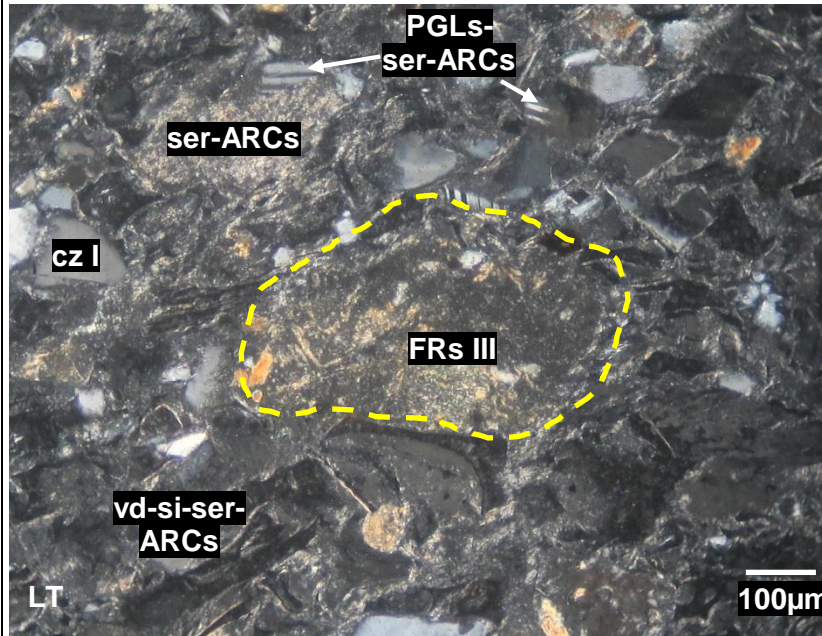
Fragments of quartz I (cz I) subangular and fragments of rocks II (FRs II), present in a matrix conformed by glass that has been altered by silica, sericite and aggregates of clays (vd-si-ser-ARCs).



Fragments of quartz I (cz I) subangular and fragments of rocks I (FRs I), present in a matrix conformed by glass that has been altered by silica, sericite and aggregates of clays (vd-si-ser-ARCs).

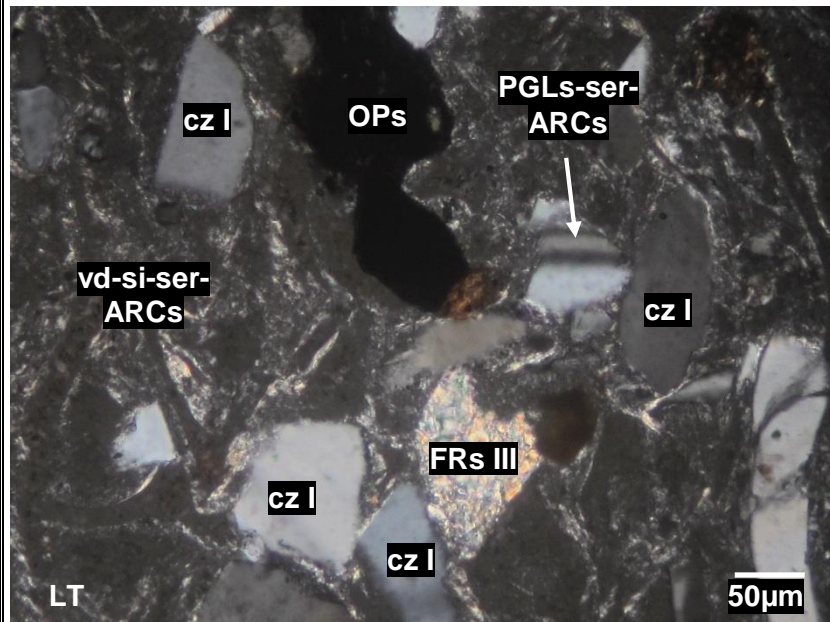
*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**FOTOMICROGRAFIAS**



Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), fragmentos alterados completamente por sericita y arcillas (ser-ARCs) y fragmentos de rocas III (FRs III), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).



Fragmentos de cuarzo I (cz I), fragmentos de plagioclasas alterados por sericita y arcillas (PGLs-ser-ARCs), cristales de minerales opacos (OPs) y fragmentos de rocas III (FRs III), presentes en una matriz conformada por vidrio que ha sido alterada por sílice, sericita y agregados de arcillas (vd-si-ser-ARCs).



*Erika Gabriel Tuesta*  
Erika Gabriel Tuesta  
Licenciada en Química  
Gerente General  
BIZALAB S.A.C.

**ANEXO**  
**ENSAYOS DE SUELOS**



		<b>LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-126</b>			
<b>Código</b> : LH-FOR-173	<b>Fecha</b> : 14/11/2020	<b>Versión</b> : 01	<b>Aprobación</b> : GG	<b>Página</b> : 01 de 02	

<b>INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	<b>LH-B-INF-2021-356</b>
--	--------------------------

<b>I. DATOS DEL CLIENTE</b>					
<b>Cliente</b> :	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	<b>Contacto</b> :	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ		
<b>Dirección</b> :	-	<b>Cargo</b> :	-		
<b>RUC</b> :	-	<b>e-mail</b> :	lymtamy@gmail.com		
<b>Página Web</b> :	-	<b>Teléfono</b> :	983078837		

<b>II. DATOS DEL PROYECTO</b>	
<b>Proyecto (**)</b> :	"PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".
<b>Ubicación (**)</b> :	CHOTA

<b>III. FECHAS</b>			
<b>Muestreo</b> :	19/09/2021 - Realizado por el cliente	<b>Inicio de Ensayos</b> :	22/09/2021
<b>Recepción de muestra</b> :	20/09/2021	<b>Término de Ensayos</b> :	24/09/2021
<b>Emisión de Informe</b> :	1/10/2021		

<b>IV. MUESTRA Y CONTRAMUESTRA</b>	
HURTECO SRL no ha participado en la toma de muestras, el muestreo ha sido realizado por el CLIENTE.	
Se almacena contramuestra, por un periodo de 15 días calendario.	
El día 20/09/2021, el laboratorio recepcionó la muestra, con las siguientes características:	


**CUADRO No. 01: MUESTRA Y CONTRAMUESTRA**

CÓDIGO DE MUESTRA (CLIENTE)	CÓDIGO DE MUESTRA (LABORATORIO HURTECO)	TIPO	CANTIDAD
MUESTRA 01 - PETROGRAFÍA	LH-B-M-2021-0702	Mas <sup>1</sup>	01

<b>V. ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	
Los ensayos de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos Pavimentos y Concreto de la empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL, ubicado en la (Av. El Porongo No. 118 del Sector Armando Revoredo Iglesias – Caserío de Tartar Distrito de Baños Del Inca – Cajamarca). Los ensayos se realizaron bajo las Normas Estandarizadas indicadas en el siguiente cuadro:	



**CUADRO No. 02: ENSAYOS DE LABORATORIO**

CANTIDAD	ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	MÉTODO
01	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.	NTP 339.128 1999 (revisada el 2019)	-
02	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass <sup>1</sup>	ASTM D2216 - 19	A
01	Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils <sup>1</sup>	ASTM D4318 - 17	A
01	Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) <sup>1</sup> (*)	ASTM D2487 - 17	-
01	Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes <sup>1</sup> (*)	ASTM D3282 - 15	-

**HNOS URTEAGA CONTRATISTAS**  
  
**Ing. Frank J. Gonzales Vasquez**  
 Reg. CIP 211190  
 JEFE DE LABORATORIO

(\*) Los métodos indicados, no han sido acreditados por INACAL - DA

<sup>1</sup> Mas: Muestra alterada en saco, aproximadamente 33 kg.

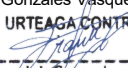
		<b>LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-126</b>							
Código	: LH-FOR-173	Fecha	: 14/11/2020	Versión	: 01	Aprobación	: GG	Página	: 02 de 02

## VI. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Código de Muestra	Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128 1999 (revisada el 2019))			Contenido de Humedad (ASTM D2216 - 19)	Límites de Atterberg (ASTM D4318 - 17 <sup>e1</sup> )			Gravedad Específica de Sólidos (ASTM D854 - 14)	Clasificación S.U.C.S (ASTM D2487) (*)
	Gravas (%)	Arenas (%)	Limos y Arcillas (%)		LL	LP	IP		
MUESTRA 01 - PETROGRAFÍA	0,0%	77,2%	22,8%	18%	56	35	21	-	SM - Arena limosa

(\*) Los métodos indicados, no han sido acreditados por INACAL - DA

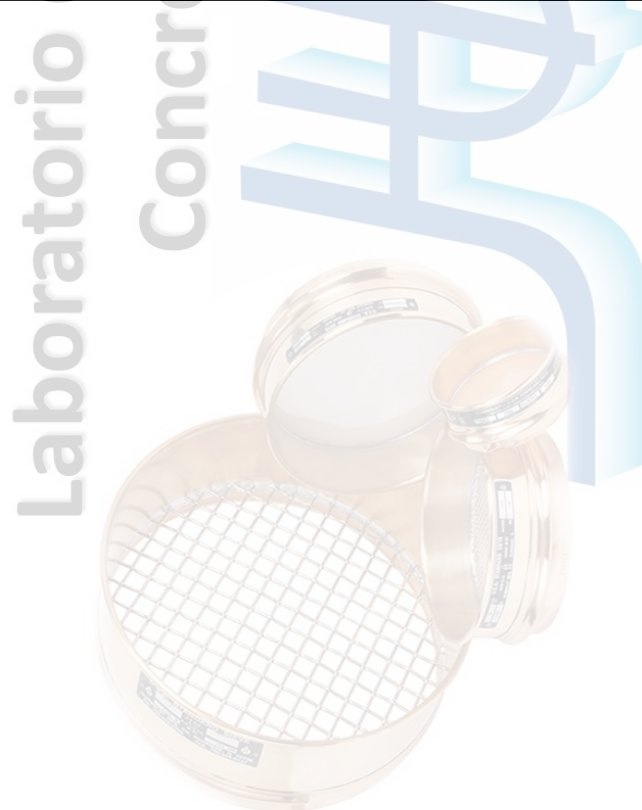
## VII. PERSONAL RESPONSABLE

Realización de los Ensayos	Procesamiento de Resultados	Revisión y Aprobación
Tec. Jesús Pompa Chaupe	Bach. Elvis O. Terrones Rudas	Ing. Frank J. Gonzáles Vásquez <b>HNOS URTEAGA CONTRATISTAS</b>  <b>Ing. Frank J. Gonzales Vásquez</b> <small>Reg. CIP 211190 J.F.E. DE LABORATORIO</small>

## VIII. NOTAS

- El presente informe de ensayo solo puede ser difundido en su totalidad y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la aprobación escrita del laboratorio HURTECO.
- Informes sin firma y sello carecen de validez.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Los resultados corresponden a los ensayos realizados a las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio HURTECO.

NOTAS REFERIDAS A LA MUESTRA DE ENSAYO :	No aplica
CÓDIGO DEL INFORME AL QUE REEMPLAZA :	No aplica

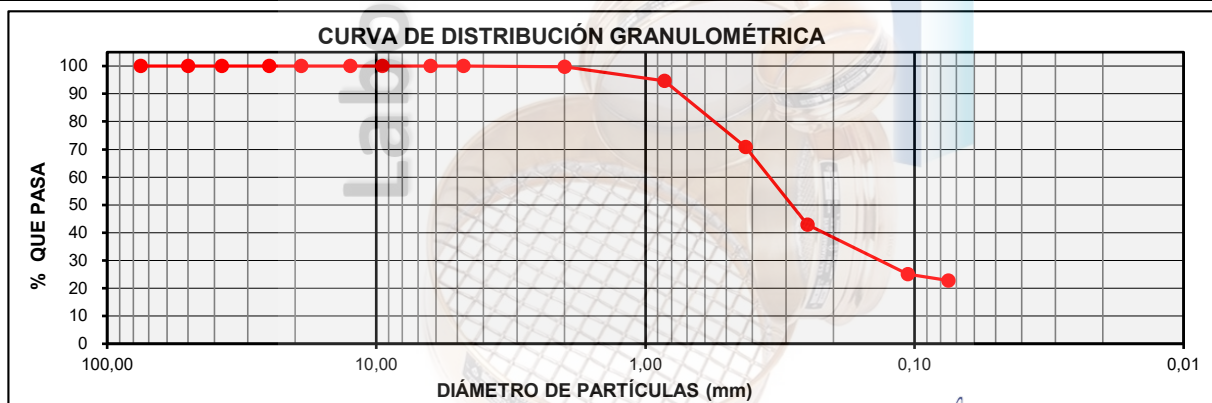


Código : LH-FOR-084 Fecha : 08/04/2021 Versión : 06 Aprobación : GG Página : 01 de 01

Proyecto (\*\*): "PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".  
Ubicación (\*\*): CHOTA Informe No.: LH-B-INF-2021-356  
Cliente: BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ Fecha de Muestreo (\*\*): 19/09/2021  
Material (\*\*): MUESTRA DE SUELO ALTERADA Fecha de Recepción: 20/09/2021  
Procedencia (\*\*): - Fecha de Ensayo: 24/09/2021  
Código de Muestra (\*\*): MUESTRA 01 - PETROGRAFÍA Fecha de Informe: 1/10/2021  
Código de Laboratorio: LH-B-M-2021-0702 Técnico Encargado: Jesús Pompa  
Ubicación de Muestreo (\*\*): - Hora de Muestreo (\*\*): -  
Coordenadas (\*\*): N: 9273149, E:760173, Z:2344 Clima (\*\*): -  
Condiciones Ambientales: Temp.: 20,99 °C HR: 36,50 % Muestreado por (\*\*): -

**SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128 1999 (revisada el 2019)**

Masa Muestra Húmeda:	3 454,46 g						
Masa Seca Inicial:	1 945,01 g						
Masa Seca Lavada:	1 506,69 g		Tamaño máximo de partículas			1/4 in.	
TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	EETT (CLIENTE)		DESCRIPCIÓN
6 in.	150,000	0,00	0,0	100,0	-	-	Bloques (>300 mm): -
4 in.	100,000	0,00	0,0	100,0	-	-	Bolones (75 mm - 300 mm): 0,0%
3 in.	75,000	0,00	0,0	100,0	-	-	Gravas (4.75 mm - 75 mm): 0,0%
2 in.	50,000	0,00	0,0	100,0	-	-	Arenas (0.075 mm - 4.75 mm): 77,2%
1 1/2 in.	37,500	0,00	0,0	100,0	-	-	Limos y Arcillas (<0.075 mm): 22,8%
1 in.	25,000	0,00	0,0	100,0	-	-	A. gruesa (4,75 mm - 2,00 mm): 0,3%
3/4 in.	19,000	0,00	0,0	100,0	-	-	A. media (2,00 mm - 0,425 mm): 28,9%
1/2 in.	12,500	0,00	0,0	100,0	-	-	A. fina (0,425 mm - 0,075 mm): 48,0%
<b>CARACTERÍSTICAS</b>							
1/4 in.	6,300	0,00	0,0	100,0	-	-	Diámetro Efectivo D <sub>60</sub> (mm): 0,37
No. 4	4,750	0,60	0,0	100,0	-	-	Diámetro Efectivo D <sub>30</sub> (mm): 0,15
No. 10	2,000	6,57	0,3	99,7	-	-	Diámetro Efectivo D <sub>10</sub> (mm): 0,01
No. 20	0,850	97,17	5,3	94,7	-	-	Coefficiente Uniformidad (Cu): 36,64
No. 40	0,425	465,29	29,2	70,8	-	-	Coefficiente Curvatura (Cc): 6,50
No. 60	0,250	542,98	57,1	42,9	-	-	Límite Líquido (LL): 56
No. 140	0,106	347,65	75,0	25,0	-	-	Límite Plástico (LP): 35
No. 200	0,075	43,69	77,2	22,8	-	-	Índice de Plasticidad (IP): 21
Cazoleta	-	2,58					Error de ensayo (%): 0,008%



HNOS URTEAGA CONTRATISTAS

Revisó y aprobó:

*Frank J. González Vásquez*  
Reg. CIP 211190  
JEFE DE LABORATORIO

(\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS (ASTM D2216 - 19)</b>			
Registro N° LE - 126					
<b>Código</b> : LH-FOR-086	<b>Fecha</b> : 14/11/2020	<b>Versión</b> : 04	<b>Aprobación</b> : GG	<b>Página</b> : 01 de 01	

<b>Proyecto (**)</b> :	"PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".				
<b>Ubicación (**)</b> :	CHOTA	<b>Informe No.</b> :	LH-B-INF-2021-356		
<b>Cliente</b> :	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	<b>Fecha de Muestreo (**)</b> :	19/09/2021		
<b>Material</b> :	MUESTRA DE SUELO ALTERADA	<b>Fecha de Recepción</b> :	20/09/2021		
<b>Procedencia (**)</b> :	-	<b>Fecha de Ensayo</b> :	22/09/2021		
<b>Código de Muestra (**)</b> :	MUESTRA 01 - PETROGRAFÍA	<b>Fecha de Informe</b> :	1/10/2021		
<b>Código del Laboratorio</b> :	LH-B-M-2021-0702	<b>Técnico Encargado</b> :	Jesús Pompa		
<b>Ubicación de Muestreo (**)</b> :	-	<b>Hora de Muestreo (**)</b> :	-		
<b>Coordenadas (**)</b> :	N: 9273149, E:760173, Z:2344	<b>Clima (**)</b> :	-		
<b>Condiciones Ambientales</b> :	<b>Temp.:</b> 19,16 °C	<b>HR:</b> 48,33 %	<b>Muestreado por (**)</b> :	-	

### Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass<sup>1</sup> - METODO A

<b>Temperatura de secado:</b>	110 ± 5 °C	<b>Cantidad de material en capas:</b>	01
<b>Cumple masa mínima requerida:</b>	SI	<b>Material Excluido de la muestra de ensayo:</b>	NINGUNO

CONTENIDO DE HUMEDAD - GLOBAL			
No. de Tara	C-61	C-63	C-64
Masa de la Tara (g)	84,67	87,25	87,99
Masa de la Tara + Muestra Húmeda (g)	1 238,39	1 239,26	1 236,72
Masa de la Tara + Muestra Seca (g)	1 062,68	1 061,81	1 063,55
Masa del Agua (g)	175,71	177,45	173,17
Masa de la Muestra Seca (g)	978,01	974,56	975,56
Contenido de Humedad (%)	18,0	18,2	17,8
<b>w% PROMEDIO (%)</b>	<b>18</b>		

Revisó y aprobó:

HNOS URTEAGA CONTRATISTAS

*Frank J. Gonzales Vásquez*  
 Ing. Frank J. Gonzales Vásquez  
 Reg. CIP 211190  
 JEFE DE LABORATORIO

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

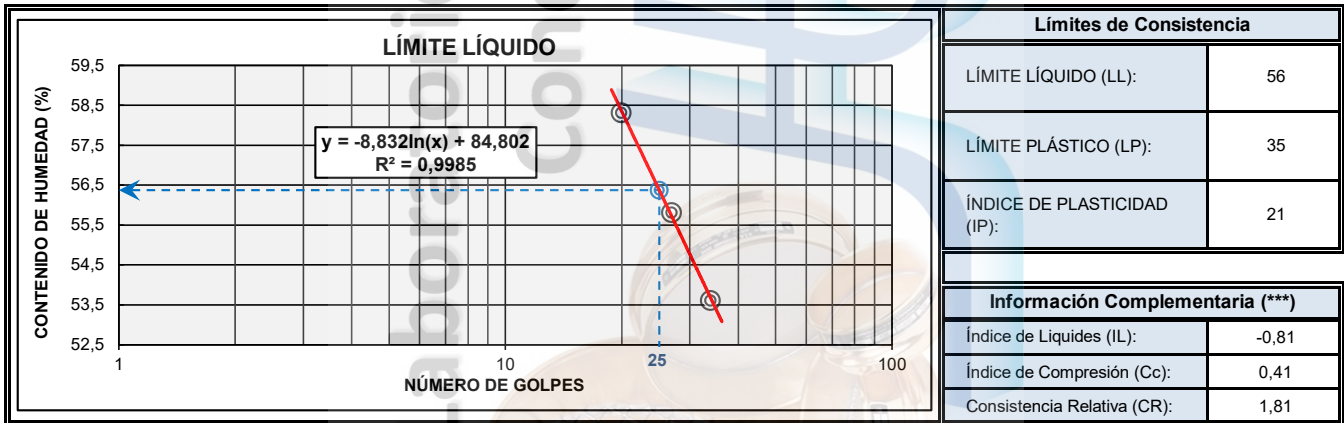
(\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

<b>Proyecto (**)</b>	"PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".	<b>Informe No.</b>	LH-B-INF-2021-356
<b>Ubicación (**)</b>	CHOTA	<b>Fecha de Muestreo (**)</b>	19/09/2021
<b>Cliente</b>	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	<b>Fecha de Recepción</b>	20/09/2021
<b>Material (**)</b>	MUESTRA DE SUELO ALTERADA	<b>Fecha de Ensayo</b>	23/09/2021
<b>Procedencia (**)</b>	-	<b>Fecha de Informe</b>	1/10/2021
<b>Código de Muestra (**)</b>	MUESTRA 01 - PETROGRAFÍA	<b>Técnico Encargado</b>	Jesús Pompa
<b>Código de Laboratorio</b>	LH-B-M-2021-0702	<b>Hora de Muestreo (**)</b>	-
<b>Ubicación de Muestreo (**)</b>	-	<b>Clima (**)</b>	-
<b>Coordenadas (**)</b>	N: 9273149, E:760173, Z:2344	<b>Muestreado por (**)</b>	-
<b>Condiciones Ambientales</b>	Temp.: 18,04 °C      HR: 46,22 %		

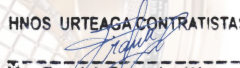
**Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils<sup>1</sup>**

Preparación del Especimen de Ensayo:	Método	Equipo para Límite Plástico:	Manual
Preparación Húmeda	A	Equipo para Límite Líquido:	Manual
Tamizado por lavado en el tamiz No. 40		Ranurador:	Plástico
Preparación con agua destilada		Clasificación SUCS (ASTM D2487 - 17) (*):	SM - Silty sand

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Tara No.	16	17	18	19	20
Masa de Tara (g)	20,98	23,94	20,73	21,06	21,38
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	41,09	44,07	40,80	31,10	31,42
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	34,07	36,86	33,41	28,48	28,79
Masa del Agua (g)	7,02	7,21	7,39	2,62	2,63
Masa de la Muestra Seca (g)	13,09	12,92	12,68	7,42	7,41
Humedad (%)	53,60	55,80	58,30	35,30	35,50
Número de Golpes	34	27	20	<b>PROMEDIO</b>	35



Revisó y aprobó: **HNOS URTEAGA CONTRATISTAS**

  
**Ing. Frank J. González Vásquez**  
 Reg. CIP 211190  
 J.L.F.E. DE LABORATORIO

**NOTAS:** (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. (\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente. (\*\*\*) Los datos indicados no forman parte del alcance de Acreditación del Método de Ensayo (ASTM D4318).

Código: LH-FOR-088	Fecha: 14/11/2020	Versión: 04	Aprobación: GG	Página: 01 de 01
--------------------	-------------------	-------------	----------------	------------------

Proyecto (**)	: "PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".	Informe No.	: LH-B-INF-2021-356
Ubicación (**)	: CHOTA	Fecha de Muestreo (**)	: 19/09/2021
Cliente	: BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	Fecha de Recepción	: 20/09/2021
Material (**)	: MUESTRA DE SUELO ALTERADA	Fecha de Ensayo	: -
Procedencia (**)	: -	Fecha de Informe	: 1/10/2021
Código de Muestra (**)	: MUESTRA 01 - PETROGRAFÍA		
Código de Laboratorio	: LH-B-M-2021-0702		
Condiciones Ambientales	: Temp.: - HR: -		

**Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes**  
(Unified Soil Classification System)<sup>1</sup> (\*)

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO					
Tamaño máx. de partícula:	1/4 in.	Diámetro Efectivo D <sub>60</sub> (mm):	0,37	Límite Líquido (LL):	56
Bloques (>300 mm):	-	Diámetro Efectivo D <sub>30</sub> (mm):	0,15	Límite Plástico (LP):	35
Bolones (75 mm - 300 mm):	0,0%	Diámetro Efectivo D <sub>10</sub> (mm):	0,01	Índice de Plasticidad (IP):	21
Gravas (4.75 mm - 75 mm):	0,0%	Coefficiente de Uniformidad (Cu):	36,64	Índice de Liquidez (IL):	-0,81
Arenas (0.075 mm - 4.75 mm):	77,2%	Coefficiente de Curvatura (Cc):	6,50	Índice de Compresión (Cc):	0,41
Limos y Arcillas (<0.075 mm):	22,8%	Error de ensayo (%):	0,008%	Consistencia Relativa (CR):	1,81

Masa Muestra Húmeda:	3 454,46 g	<b>CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487 - 17) (*)</b>  <b>SM - Silty sand</b>
Masa Seca Inicial:	1 945,01 g	
Masa Seca Lavada:	1 506,69 g	

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RTDO ACUM	% QUE PASA
3 in	75,000	0,00	0,0	100,0
2 in	50,000	0,00	0,0	100,0
1 1/2 in	37,500	0,00	0,0	100,0
1 in	25,000	0,00	0,0	100,0
3/4 in	19,000	0,00	0,0	100,0
1/2 in	12,500	0,00	0,0	100,0
3/8 in	9,500	0,00	0,0	100,0
1/4 in	6,300	0,00	0,0	100,0
No. 4	4,750	0,60	0,0	100,0
No. 10	2,000	6,57	0,3	99,7
No. 20	0,850	97,17	5,3	94,7
No. 40	0,425	465,29	29,2	70,8
No. 60	0,250	542,98	57,1	42,9
No. 140	0,106	347,65	75,0	25,0
No. 200	0,075	43,69	77,2	22,8
Cazoleta	-	2,58		

**CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487 - 17) (\*)**  
**SM - Silty sand**



CLASIFICACIÓN		
NOMBRE ALTERNATIVO (NTP 339.134) (*)	A.A.S.H.T.O. (NTP 339.135 - ASTM D 3282) (*)	
<b>SM - Arena limosa</b>	<b>A-2-7 (1)</b>	<b>Grava y arena limoarcillosas</b>

Revisó y aprobó:

**HNOS URTEAGA CONTRATISTAS**  
*Frank J. González Vásquez*  
Reg. CIP 211190  
JEFE DE LABORATORIO

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

		<b>LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-126</b>			
<b>Código</b> : LH-FOR-173	<b>Fecha</b> : 14/11/2020	<b>Versión</b> : 01	<b>Aprobación</b> : GG	<b>Página</b> : 01 de 02	

<b>INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	<b>LH-B-INF-2021-357</b>
--	--------------------------

<b>I. DATOS DEL CLIENTE</b>					
<b>Cliente</b> :	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	<b>Contacto</b> :	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ		
<b>Dirección</b> :	-	<b>Cargo</b> :	-		
<b>RUC</b> :	-	<b>e-mail</b> :	lymtamy@gmail.com		
<b>Página Web</b> :	-	<b>Teléfono</b> :	983078837		

<b>II. DATOS DEL PROYECTO</b>	
<b>Proyecto (**)</b> :	"PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".
<b>Ubicación (**)</b> :	CHOTA

<b>III. FECHAS</b>			
<b>Muestreo</b> :	19/09/2021 - Realizado por el cliente	<b>Inicio de Ensayos</b> :	22/09/2021
<b>Recepción de muestra</b> :	20/09/2021	<b>Término de Ensayos</b> :	24/09/2021
<b>Emisión de Informe</b> :	1/10/2021		

<b>IV. MUESTRA Y CONTRAMUESTRA</b>	
HURTECO SRL no ha participado en la toma de muestras, el muestreo ha sido realizado por el CLIENTE.	
Se almacena contramuestra, por un periodo de 15 días calendario.	
El día 20/09/2021, el laboratorio recepcionó la muestra, con las siguientes características:	

**CUADRO No. 01: MUESTRA Y CONTRAMUESTRA**


CÓDIGO DE MUESTRA (CLIENTE)	CÓDIGO DE MUESTRA (LABORATORIO HURTECO)	TIPO	CANTIDAD
MUESTRA 02 - PETROGRAFÍA	LH-B-M-2021-0703	Mas <sup>1</sup>	01

<b>V. ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	
Los ensayos de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos Pavimentos y Concreto de la empresa Hnos. Urteaga Contratistas SRL, ubicado en la (Av. El Porongo No. 118 del Sector Armando Revoredo Iglesias – Caserío de Tartar Distrito de Baños Del Inca – Cajamarca). Los ensayos se realizaron bajo las Normas Estandarizadas indicadas en el siguiente cuadro:	

**CUADRO No. 02: ENSAYOS DE LABORATORIO**



CANTIDAD	ENSAYO	NORMA DE ENSAYO	MÉTODO
01	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.	NTP 339.128 1999 (revisada el 2019)	-
02	Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass <sup>1</sup>	ASTM D2216 - 19	A
01	Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils <sup>1</sup>	ASTM D4318 - 17	A
01	Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) <sup>1</sup> (*)	ASTM D2487 - 17	-
01	Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes <sup>1</sup> (*)	ASTM D3282 - 15	-

**HNOS URTEAGA CONTRATISTAS**

  
**Ing. Frank J. Gonzales Vásquez**  
 Reg. CIP. 211190  
 JEFE DE LABORATORIO

(\*) Los métodos indicados, no han sido acreditados por INACAL - DA :

Mas: Muestra alterada en saco, aproximadamente 27 kg.


		<b>LABORATORIO DE ENSAYOS ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-126</b>							
Código	: LH-FOR-173	Fecha	: 14/11/2020	Versión	: 01	Aprobación	: GG	Página	: 02 de 02

### VI. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Código de Muestra	Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128 1999 (revisada el 2019))			Contenido de Humedad (ASTM D2216 - 19)	Límites de Atterberg (ASTM D4318 - 17 <sup>e1</sup> )			Gravedad Específica de Sólidos (ASTM D854 - 14)	Clasificación S.U.C.S (ASTM D2487) (*)
	Gravas (%)	Arenas (%)	Limos y Arcillas (%)		LL	LP	IP		
MUESTRA 02 - PETROGRAFÍA	76,4%	8,1%	15,5%	5%	71	30	41	-	GC - Grava arcillosa

(\*) Los métodos indicados, no han sido acreditados por INACAL - DA

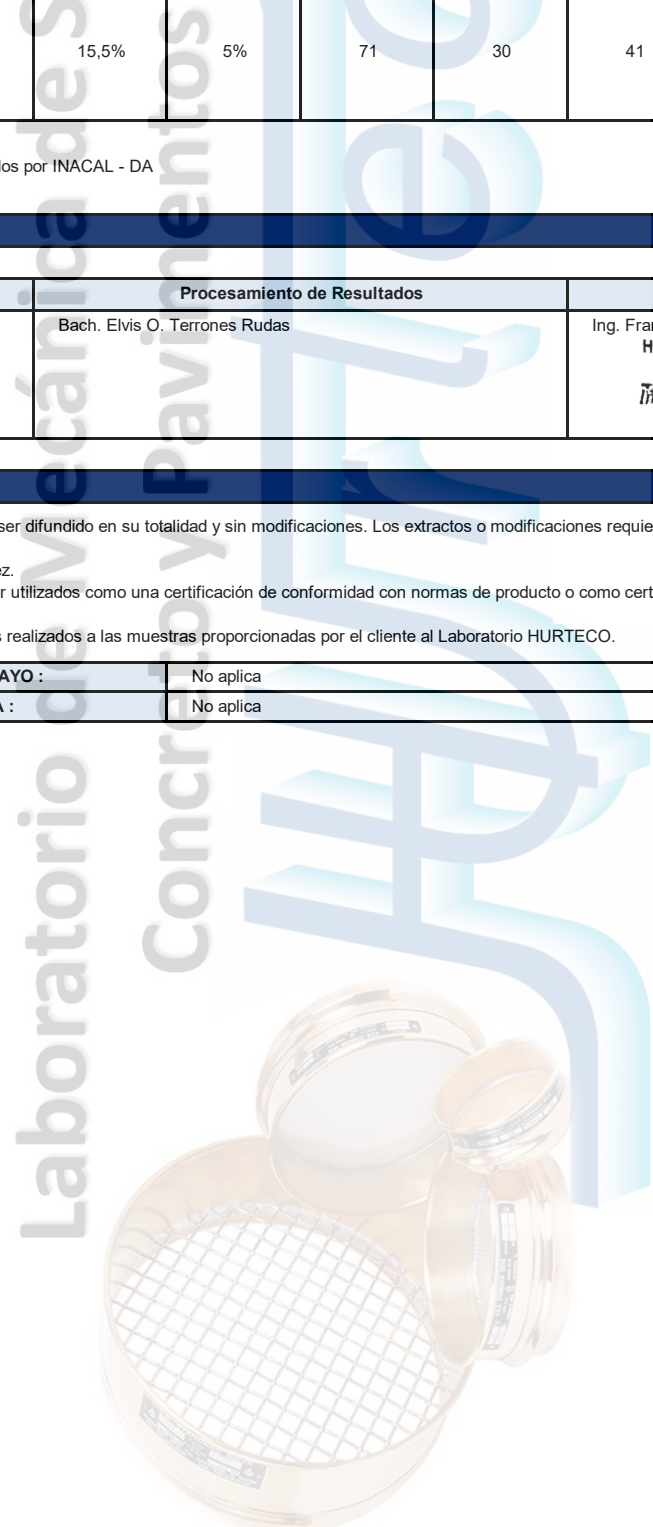
### VII. PERSONAL RESPONSABLE

Realización de los Ensayos	Procesamiento de Resultados	Revisión y Aprobación
Tec. Jesús Pompa Chaupe	Bach. Elvis O. Terrones Rudas	Ing. Frank J. Gonzáles Vásquez <b>HNOS URTEAGA CONTRATISTAS</b>  <b>Ing. Frank J. Gonzales Vásquez</b> <small>Reg. CIP 211190</small> <small>J.FE DE LABORATORIO</small>

### VIII. NOTAS

- El presente informe de ensayo solo puede ser difundido en su totalidad y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la aprobación escrita del laboratorio HURTECO.
- Informes sin firma y sello carecen de validez.
- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Los resultados corresponden a los ensayos realizados a las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio HURTECO.

NOTAS REFERIDAS A LA MUESTRA DE ENSAYO :	No aplica
CÓDIGO DEL INFORME AL QUE REEMPLAZA :	No aplica







		<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS (ASTM D2216 - 19)</b>			
<b>Código</b> : LH-FOR-086		<b>Fecha</b> : 14/11/2020		<b>Versión</b> : 04	
<b>Aprobación</b> : GG		<b>Página</b> : 01 de 01			

<b>Proyecto (**)</b>	"PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".				
<b>Ubicación (**)</b>	CHOTA	<b>Informe No.</b>	LH-B-INF-2021-357		
<b>Cliente</b>	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	<b>Fecha de Muestreo (**)</b>	19/09/2021		
<b>Material</b>	MUESTRA DE SUELO ALTERADA	<b>Fecha de Recepción</b>	20/09/2021		
<b>Procedencia (**)</b>	-	<b>Fecha de Ensayo</b>	22/09/2021		
<b>Código de Muestra (**)</b>	MUESTRA 02 - PETROGRAFÍA	<b>Fecha de Informe</b>	1/10/2021		
<b>Código del Laboratorio</b>	LH-B-M-2021-0703	<b>Técnico Encargado</b>	Jesús Pompa		
<b>Ubicación de Muestreo (**)</b>	-	<b>Hora de Muestreo (**)</b>	-		
<b>Coordenadas (**)</b>	N: 9273733, E: 761247, Z: 2454	<b>Clima (**)</b>	-		
<b>Condiciones Ambientales</b>	Temp.: 19,16 °C	HR:	48,33 %	<b>Muestreado por (**)</b>	-

### Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass<sup>1</sup> - METODO A

<b>Temperatura de secado:</b>	110 ± 5 °C	<b>Cantidad de material en capas:</b>	01
<b>Cumple masa mínima requerida:</b>	SI	<b>Material Excluido de la muestra de ensayo:</b>	NINGUNO

CONTENIDO DE HUMEDAD - GLOBAL			
No. de Tara	L-04	L-05	L-06
Masa de la Tara (g)	1 163,00	1 172,00	1 164,00
Masa de la Tara + Muestra Húmeda (g)	11 794,00	11 785,00	11 782,00
Masa de la Tara + Muestra Seca (g)	11 268,00	11 267,00	11 306,00
Masa del Agua (g)	526,00	518,00	476,00
Masa de la Muestra Seca (g)	10 105,00	10 095,00	10 142,00
Contenido de Humedad (%)	5,2	5,1	4,7
<b>w% PROMEDIO (%)</b>	<b>5</b>		

Revisó y aprobó:

**HNOS URTEAGA CONTRATISTAS**  
  
**Ing. Frank J. Gonzales Vásquez**  
 Reg. CIP 211190  
 J.FE DE LABORATORIO

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

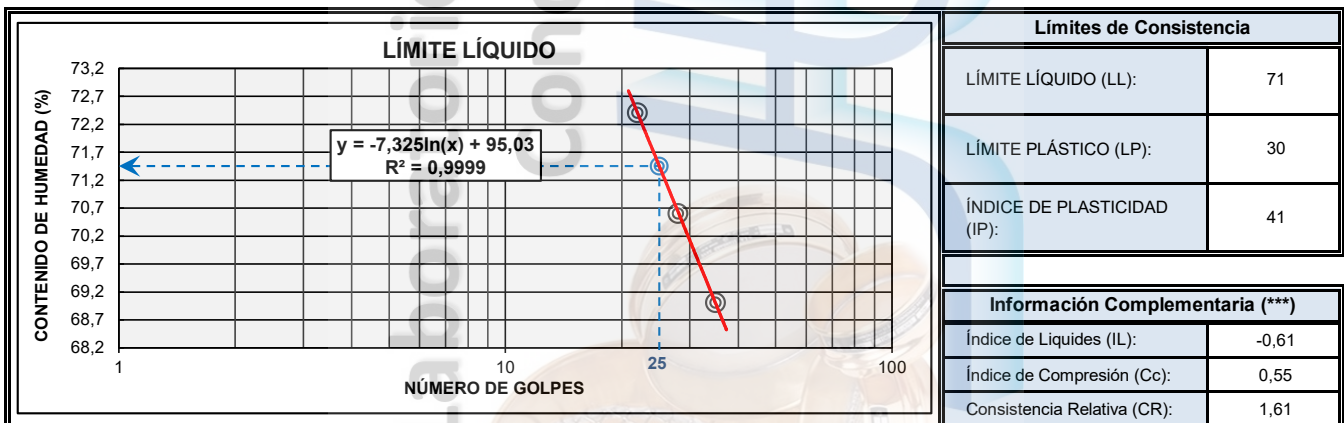
(\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

Proyecto (**)	"PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".	Informe No.	LH-B-INF-2021-357
Ubicación (**)	CHOTA	Fecha de Muestreo (**)	19/09/2021
Cliente	BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	Fecha de Recepción	20/09/2021
Material (**)	MUESTRA DE SUELO ALTERADA	Fecha de Ensayo	23/09/2021
Procedencia (**)	-	Fecha de Informe	1/10/2021
Código de Muestra (**)	MUESTRA 02 - PETROGRAFÍA	Técnico Encargado	Jesús Pompa
Código de Laboratorio	LH-B-M-2021-0703	Hora de Muestreo (**)	-
Ubicación de Muestreo (**)	-	Clima (**)	-
Coordenadas (**)	N: 9273733, E: 761247, Z: 2454	Muestreado por (**)	-
Condiciones Ambientales :	Temp.: 17.42 °C      HR: 45,59 %		

### Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils<sup>1</sup>


Preparación del Especimen de Ensayo:	Método	Equipo para Límite Plástico:	Manual
Preparación Húmeda	A	Equipo para Límite Líquido:	Manual
Tamizado por lavado en el tamiz No. 40		Ranurador:	Plástico
Preparación con agua destilada		Clasificación SUCS (ASTM D2487 - 17) (*):	GC - Clayey gravel

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Tara No.	21	22	23	24	25
Masa de Tara (g)	20,25	21,01	21,00	21,24	19,74
Masa de Tara + Muestra Húmeda (g)	41,31	42,09	42,01	31,27	29,76
Masa de Tara + Muestra Seca (g)	32,71	33,37	33,19	28,94	27,48
Masa del Agua (g)	8,60	8,72	8,82	2,33	2,28
Masa de la Muestra Seca (g)	12,46	12,36	12,19	7,70	7,74
Humedad (%)	69,00	70,60	72,40	30,30	29,50
Número de Golpes	35	28	22	<b>PROMEDIO</b>	30



Revisó y aprobó:

HNOS URTEAGA CONTRATISTAS

  
 Ing. Frank J. Gonzales Vásquez  
 Reg. CIP 211190  
 I.L.F.E. DE LABORATORIO

**NOTAS:** (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. (\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente. (\*\*\*) Los datos indicados no forman parte del alcance de Acreditación del Método de Ensayo (ASTM D4318).

Código: LH-FOR-088	Fecha: 14/11/2020	Versión: 04	Aprobación: GG	Página: 01 de 01
--------------------	-------------------	-------------	----------------	------------------

Proyecto (**)	: "PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CHOTA EN EL TRAMO DE LA CARRETERA PE-3N PROGRESIVAS 1+413 A 1+410 KM DEL DISTRITO DE CHOTA".	Informe No.	: LH-B-INF-2021-357
Ubicación (**)	: CHOTA	Fecha de Muestreo (**)	: 19/09/2021
Cliente	: BACH. LÍZ YESSI, TAFUR MÍREZ	Fecha de Recepción	: 20/09/2021
Material (**)	: MUESTRA DE SUELO ALTERADA	Fecha de Ensayo	: -
Procedencia (**)	: -	Fecha de Informe	: 1/10/2021
Código de Muestra (**)	: MUESTRA 02 - PETROGRAFÍA		
Código de Laboratorio	: LH-B-M-2021-0703		
Condiciones Ambientales	: Temp.: - HR: -		

**Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes**  
(Unified Soil Classification System)<sup>1</sup> (\*)

**CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE ENSAYO**

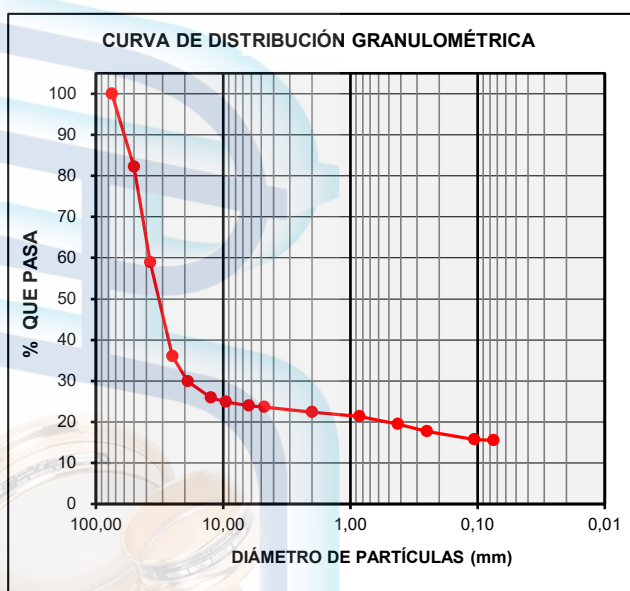
Tamaño máx. de partícula:	3 in.	Diámetro Efectivo D <sub>60</sub> (mm):	38,19	Límite Líquido (LL):	71
Bloques (>300 mm):	-	Diámetro Efectivo D <sub>30</sub> (mm):	19,11	Límite Plástico (LP):	30
Bolones (75 mm - 300 mm):	0,0%	Diámetro Efectivo D <sub>10</sub> (mm):	0,00	Índice de Plasticidad (IP):	41
Gravas (4.75 mm - 75 mm):	76,4%	Coefficiente de Uniformidad (Cu):	-	Índice de Liquidez (IL):	-0,61
Arenas (0.075 mm - 4.75 mm):	8,1%	Coefficiente de Curvatura (Cc):	-	Índice de Compresión (Cc):	0,55
Limos y Arcillas (<0.075 mm):	15,5%	Error de ensayo (%):	0,008%	Consistencia Relativa (CR):	1,61

**CLASIFICACION SUCS (ASTM D2487 - 17) (\*)**

Masa Muestra Húmeda:	31 862,00 g
Masa Seca Inicial:	30 352,00 g
Masa Seca Lavada:	25 661,00 g

**GC - Clayey gravel**

TAMICES A.S.T.M.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (g)	% RTDO ACUM	% QUE PASA
3 in	75,000	0,00	0,0	100,0
2 in	50,000	5 407,00	17,8	82,2
1 1/2 in	37,500	7 063,00	41,1	58,9
1 in	25,000	6 940,00	64,0	36,0
3/4 in	19,000	1 854,00	70,1	29,9
1/2 in	12,500	1 199,00	74,1	25,9
3/8 in	9,500	293,00	75,1	24,9
1/4 in	6,300	285,00	76,0	24,0
No. 4	4,750	128,00	76,4	23,6
No. 10	2,000	376,09	77,6	22,4
No. 20	0,850	340,32	78,7	21,3
No. 40	0,425	532,82	80,5	19,5
No. 60	0,250	555,54	82,3	17,7
No. 140	0,106	607,44	84,3	15,7
No. 200	0,075	66,17	84,5	15,5
Cazoleta	-	11,27		



**CLASIFICACIÓN**

NOMBRE ALTERNATIVO (NTP 339.134) (*)	A.A.S.H.T.O. (NTP 339.135 - ASTM D 3282) (*)
<b>GC - Grava arcillosa</b>	<b>A-2-7 (0) Grava y arena limoarcillosas</b>

Revisó y aprobó:

**HNOS URTEAGA CONTRATISTAS**  
  
**Ing. Frank J. Gonzales Vásquez**  
 Reg. CIP. 211190  
 JEFE DE LABORATORIO




(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*\*) Los datos indicados han sido proporcionados por el cliente.

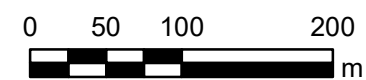
**ANEXO  
PLANOS**



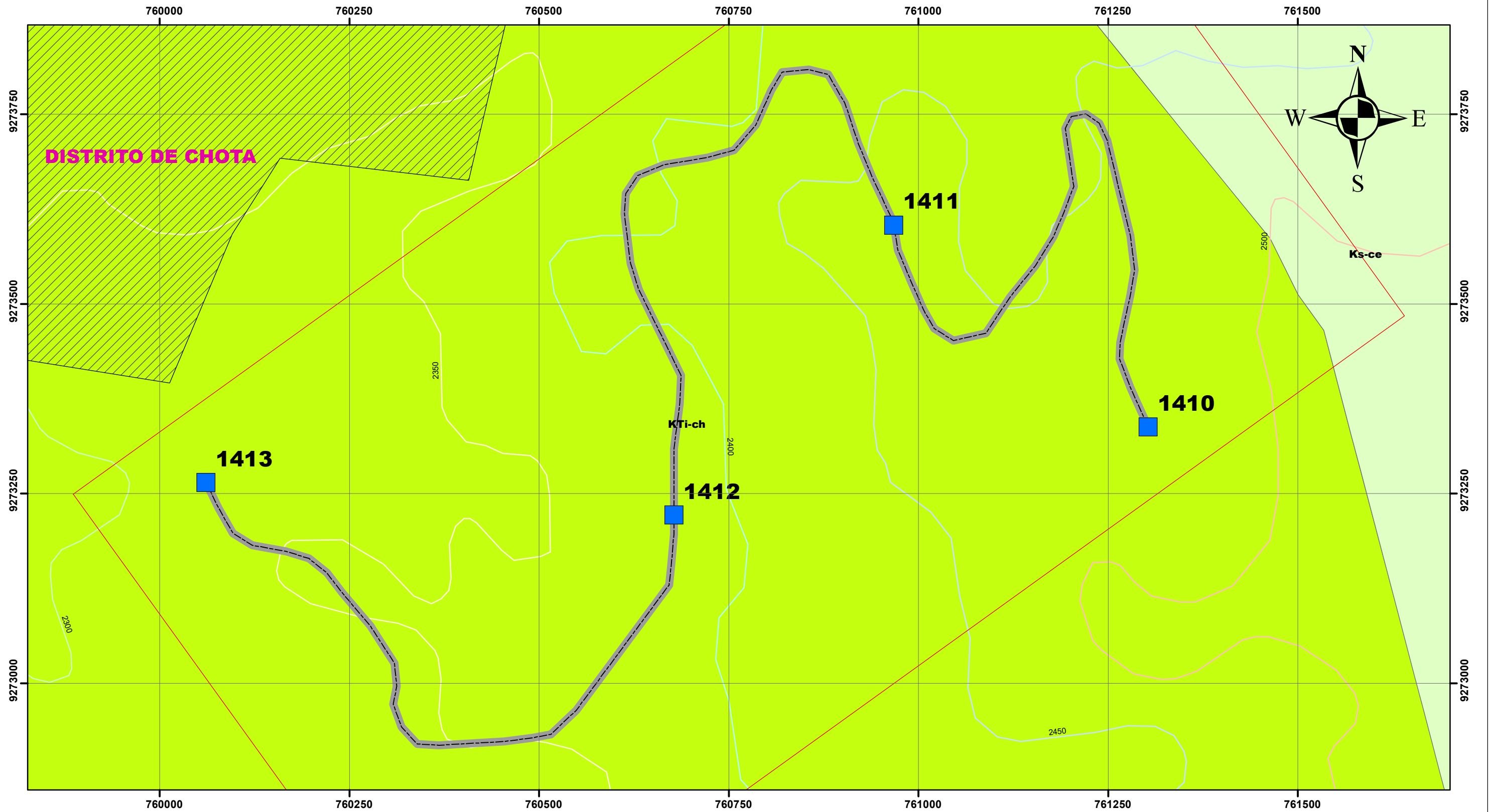
### SIMBOLOGÍA

-  CARRETERA
-  ÁREA DE INVESTIGACIÓN
-  DISTRITO DE CHOTA






1 cm = 50 m

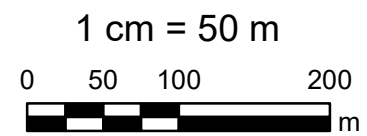


	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD INGENIERÍA</b> Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
	<b>TESIS:</b> "Petrográfica de la Formación Chota en el tramo de la carretera PE-3N 1+413km a 1+410km del distrito de Chota"	<b>N° Plano</b> <h1 style="text-align: center;">1</h1>	
<b>TESISTA:</b> Bach. Liz Yessi, Tafur Mírez	<b>ASESOR:</b> Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani		<b>ESCALA:</b> 1:5000 <b>PLANO:</b> Satelital     Octubre, 2021



**SIMBOLOGÍA**

-  CARRETERA
-  DISTRITO DE CHOTA
-  ÁREA DE INVESTIGACIÓN
-  KTi-ch
-  Ks-ce



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> <b>FACULTAD INGENIERÍA</b> Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica		
	<b>TESIS:</b> "Petrográfica de la Formación Chota en el tramo de la carretera PE-3N 1+413km a 1+410km del distrito de Chota"	<b>N° Plano</b> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">2</div>	
<b>TESISTA:</b> Bach. Líz Yessi, Tafur Mírez	<b>ASESOR:</b> Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani		<b>ESCALA:</b> 1:5000 <b>PLANO:</b> Geológico     Octubre, 2021