

Esta obra está bajo una Licencia  
Creative Commons Atribución -  
4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Vea una copia de esta licencia en  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

**Tesis.**

**Identificación y determinación del grado de  
dispersividad de los suelos en la carretera  
puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana**

**Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.**

**Autor:**

**Kelvin Erick Arévalo Tafur**

<https://orcid.org/0000-0001-8537-7058>

**Autor:**

**Cristhian Junior Dávila Tafur**

<https://orcid.org/0000-0003-3735-4104>

**Asesor:**

**Ing. M. Sc. Victor Eduardo Samamé Zatta**

<https://orcid.org/0000-0003-3096-0515>

**Tarapoto, Perú**

**2022**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

Tesis.

## **Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

**Autor:**

Kelvin Erick Arévalo Tafur  
<https://orcid.org/0000-0001-8537-7058>

**Autor:**

Cristhian Junior Dávila Tafur  
<https://orcid.org/0000-0003-3735-4104>

**Asesor:**

Ing. M. Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta  
<https://orcid.org/0000-0003-3096-0515>

**Tarapoto, Perú**

**2022**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

Tesis.

## Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

Presentado por

Kelvin Erick Arévalo Tafur  
Cristhian Junior Dávila Tafur

Sustentado y aprobado el día 04 de noviembre del 2022 por el honorable jurado:

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente de Jurado**

Ing. Dr. Serbando Soplopuco  
Quiroga.

  
\_\_\_\_\_  
**Secretario de Jurado**

Ing. M.sc. Enrique Napoleón  
Martínez Quiroz.

  
\_\_\_\_\_  
**Vocal de Jurado**

Ing. M. Sc. Rubén del Águila Panduro.

  
\_\_\_\_\_  
**Asesor**

Ing. M. Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta.

Tarapoto, Perú

2022

### 3.15 Formato Nº 19. Modelo único de acta de sustentación

#### Acta de sustentación de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos Nº ....

**Jurado reconocido con Resolución. - Nº 156-2021- UNSM/FICA-D-NLU. - Proveído Nº 1109-2022-UNSM/FICA.**

**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil**

A las *11:30*.... horas del día viernes fecha 04 de noviembre de 2022, inició el acto público de sustentación del trabajo de investigación **“Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana”**, para optar el título de Ingenieros Civiles, presentado por, los Bachilleres: Kelvin Erick Arévalo Tafur y Cristhian Junior Dávila Tafur, con la asesoría del Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta

Instalada la Mesa Directiva conformada por el Ing. Dr. Serbando Soplopucó Quiroga (presidente del jurado), Ing. M.Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz (secretario), Ing. M.Sc. Rubén Del Águila Panduro (vocal), y acompañados por el Ing. MSc. Víctor Eduardo Samamé Zatta (asesor) el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular Nº 032-2022-UNSM/FICA.

Seguidamente los autores expusieron el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por los sustentantes y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

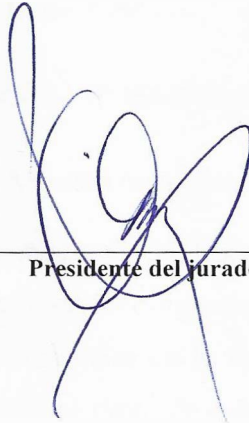
Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 19), según el Anexo 4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue *dieciséis*..... (*16*); tal comose deja constar en la siguiente descripción:

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 12:30 horas, el mismo día viernes 04 de noviembre de 2022



Secretario del jurado



Presidente del jurado



Vocal del jurado



Autor



Autor



Asesor

### Declaratorio de autenticidad

Yo, **Kelvin Erick Arévalo Tafur**, con DNI N° 71650063, y **Cristhian Junior Dávila Tafur**, con DNI N° 72547184, bachilleres de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autores de la tesis titulada: **Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 04 de noviembre del 2022



Kelvin Erick Arévalo Tafur  
DNI N° 71650063



Cristhian Junior Dávila Tafur  
DNI N° 72547184


### Declaración jurada

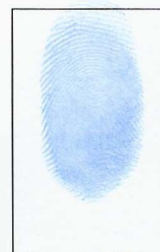
Yo, **Kelvin Erick Arévalo Tafur**, con DNI N° 71650063, con domicilio legal en el ASENT.H. los Andes MZ. F LT.11-Morales, y **Cristhian Junior Dávila Tafur**, con DNI N° 72547184 con domicilio legal en el Jr. Los Andes 578, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos bajo juramento** que, todos los documentos, datos e información en la presente tesis, son auténticos y veraces.

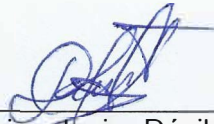
En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 04 de noviembre del 2022



  
Kelvin Erick Arévalo Tafur  
DNI N° 71650063



  
Cristhian Junior Dávila Tafur  
DNI N° 72547184

## Ficha de identificación

<p><b>Autor(es):</b></p> <p>Kelvin Erick Arévalo Tafur.</p> <p>Cristhian Junior Dávila Tafur.</p>	<p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil.</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0001-8537-7058">https://orcid.org/0000-0001-8537-7058</a></p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0003-3735-4104">https://orcid.org/0000-0003-3735-4104</a></p>
<p><b>Título del proyecto</b></p> <p>Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Ingeniería Civil</p> <p><b>Línea de investigación:</b> Transportes.</p> <p><b>Sublínea de investigación:</b> Evaluación de suelos.</p> <p><b>Grupo de investigación:</b></p> <p>Resolución N° 156-2021-UNSM/FICA-D-NLU</p> <p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Asesor:</b></p> <p>Ing. MSc. Víctor Eduardo Samamé Zatta.</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b></p> <p>Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Civil.</p> <p>Laboratorio de Suelos y Pavimentos.</p> <p><a href="https://orcid.org/0000-0003-3096-0515">https://orcid.org/0000-0003-3096-0515</a></p>

## **Dedicatoria**

A nuestros padres que nos inculcaron los valores de la responsabilidad, humildad y solidaridad, y gracias a sus apoyos incondicionales nos permitió esforzarnos durante toda nuestra formación universitaria y culminación de la misma.

A todos los alumnos, docentes e investigadores de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que valoran y contribuyen al conocimiento científico.

**Los Autores.**

## **Agradecimiento**

Deseo agradecerle este proyecto a Dios ente principal en cada persona que nos derrama su bendición, bienestar y salud por permitirme llegar hasta este momento, agradezco a mi madre Adelita Tafur por su motivación constante y a todas las personas que creyeron en mis capacidades de poder emprender y llegar a las metas propuestas.

A mi compañero y primo Cristhian por ser parte de este proyecto que valió la pena cada lucha y sacrificio que nos permitió culminar de manera satisfactoria nuestro proyecto de investigación.

**Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur.**

Deseo agradecerle este proyecto a Dios nuestro padre todo poderoso que nos derrama su bendición, bienestar y salud.

Gracias a los pilares de mi crecimiento personal y profesional, mis padres Jeuster y Marina que han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y metas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles. A mis hermanos, por su presencia y apoyo moral en toda esta etapa de crecimiento.

Gracias a todos los docentes de la escuela profesional de ingeniería civil, que nos inculcaron y formaron durante nuestra vida universitaria, a nuestro asesor por brindarnos el apoyo necesario y las facilidades para desarrollar la presente investigación.

**Bach. Cristhian Junior Dávila Tafur.**

## Índice general

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I <u>I</u> NTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO II <u>M</u> ARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Fundamentos teóricos .....	20
CAPÍTULO III <u>M</u> ATERIALES Y MÉTODOS .....	31
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	31
3.1.1 Contexto de la Investigación .....	31
3.1.2 Periodo de ejecución.....	32
3.1.3 Autorización y permisos .....	33
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad .....	33
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales .....	34
3.2. Sistema de variables .....	34
3.2.1 Variables principales .....	34
3.2.2 Variables secundarias.....	35
3.3 Procedimientos de la investigación .....	38
3.3.1 Objetivo específico 1 .....	38
3.3.2 Objetivo específico 2.....	45
3.3.3 Objetivo específico 3.....	45

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1 Resultados del objetivo específico 1 .....	49
4.2 Resultados del objetivo específico 2.....	52
4.3 Resultados del objetivo específico 3.....	52
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS 01 .....	61

## Índice de tablas

Tabla 1.Relación entre el porcentaje de dispersión y el carácter dispersivo de los suelos.....	28
Tabla 2.Actividad de los minerales de arcilla.....	28
Tabla 3.Criterios para clasificar los suelos a partir del Ensayo de Pinhole.....	29
Tabla 4.Clasificación del suelo según resultados del Ensayo de Pinhole.....	30
Tabla 5.Parámetros de escala en Intensidad de salinidad .....	30
Tabla 6.Ubicación Geográfica .....	32
Tabla 7.Descripción de la Variable del Objetivo específico N° 1.....	34
Tabla 8.Descripción de la Variable del Objetivo específico N° 2.....	35
Tabla 9.Descripción de la Variable del Objetivo específico N° 3.....	35
Tabla 10.Precipitación mensuales Periodo 200-2020 .....	37
Tabla 11.Ubicación de las calicatas .....	39
Tabla 12.Características in-situ del muestreo de suelos .....	40
Tabla 13.Resultados del análisis granulométrico de los suelos .....	42
Tabla 14. Resultados del ensayo de crumb .....	46
Tabla 15. Resultados del Ensayo de Doble Hidrómetro.....	47
Tabla 16. Resultados del Ensayo de Pinhole .....	48
Tabla 17. Resultados de los ensayos de características físicas de los suelos .....	49
Tabla 18. Resultados de los valores de Intensidad de Salinidad en el suelo .....	52
Tabla 19. Resultados de los Ensayos de Dispersión .....	53
Tabla 20.MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	61

## Índice de figuras

Figura 1. Proceso de tubificación.....	24
Figura 2. Arrastre de granos de suelo por efecto de tubificación retrógrada. ....	25
Figura 3. Fractura hidráulica.....	25
Figura 4. Comportamiento de los iones de Sodio y Calcio adheridos a la partícula de arcilla. ....	26
Figura 5. Curvas granulométricas obtenidas en un suelo mediante el Ensayo del Doble Hidrómetro. ....	27
Figura 6. Esquema del equipo del Ensayo de Pinhole. ....	29
Figura 7. Mapa de Ubicación.....	31
Figura 8. Control ambiental. ....	33
Figura 9. Mapa Geomorfológico de Pilluana.....	36
Figura 10. Diagrama de promedios, máximas y mínimas precipitaciones mensuales entre el año 2000 al 2020.....	38
Figura 11. Diagrama de la Desviación Estándar de las precipitaciones mensuales entre el año 2000 al 2020.....	38
Figura 12. Diagrama de comparación entre los resultados de los ensayos de Dispersión. ....	53

## RESUMEN

Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana,

La presente investigación se realiza con la finalidad de determinar la presencia de suelos dispersivos a lo largo de la carretera que une el puerto Sangama con la localidad de Pilluana, la zona se caracteriza por su clima entre estaciones de verano con poca precipitaciones e invierno lluvioso que saturan los suelos, etapa en la que podría presentarse los asentamientos por tubificación y llegar hasta el colapso en las obras civiles a lo largo de la carretera, teniendo como indicios la presencia de erosión tipo cangrejas en ciertos puntos y las sales en la superficie del suelo en forma de una lámina blanquecina, formado por la sedimentación aluvial de los hilos de agua procedentes del domo salino de Pilluana, ubicados en la parte alta de la margen derecha del río Huallaga, los suelos salinos al ser hidrolizados se comportarán con características dispersantes, teniendo en consideración lo antes mencionado, la investigación tiene el **objetivo** de Identificar y determinar el grado de dispersividad de los suelos, mediante la caracterización física, caracterización química y dispersividad de los suelos. La zona de estudio se encuentra localizado en el distrito de Pilluana, en la provincia de Picota, departamento de San Martín, margen derecha del río Huallaga, altura del puerto Sangama, aproximadamente en la progresiva km 36+900.00, de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo Tarapoto-Picota al sur del distrito de Tarapoto, cuenta actualmente con un acceso de una trocha carrozable de cuatro kilómetros aproximadamente hasta la entrada del distrito, donde se llega cruzando el río Huallaga mediante una balsa y botes a motor. El período de evaluación se inició en el mes de octubre del 2021, y tuvo una duración de 9 meses y 16 días calendarios, donde se realizó el diseño y tratamiento experimental de los ensayos de caracterización física y química, que comprenden el contenido de humedad, peso específico, granulometría, límite líquido, límite plástico, densidad seca y salinidad. Los ensayos de dispersión usando la **metodología** desarrollados mediante el Crumb, doble Hidrómetro y Pinhole, para los procedimientos principales se siguió las normas internacionales y nacionales vigentes, obteniendo como **resultados** que los suelos predominantes son las arcillas y los limos con baja y mediana plasticidad, con un contenido de humedad máximo del 27.02%, de consistencia media dura y con presencia de sales, para los resultados de los ensayos de dispersión no concuerdan, teniendo en el Crumb de ligera a ninguna reacción, en el doble hidrómetro solo la calicata C-11 tiene dispersividad intermedia sin considerar la presencia de limos, y en el Pinhole todas las calicatas fueron consideradas no dispersivas. Llegamos a la **conclusión** que el Pinhole es el ensayo más confiable, por ser cuantitativo, cualitativo, y modela las condiciones de servicio, sin embargo, no se puede ignorar la presencia de salinidad y los resultados del doble hidrómetro, por lo tanto, afirmamos que los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana son limos y arcillas de mediana dispersividad con presencia de sales.

**Palabras claves** –Suelos Dispersivos, Ensayo de Pinhole, Doble Hidrómetro.

## ABSTRACT

Identification and determination of the soil dispersivity degree along the Puerto Sangama road to the town of Pilluana

The purpose of this research is to determine the presence of dispersive soils along the road that connects the port of Sangama with the town of Pilluana. The area is characterized by its climate between summer seasons with little rainfall and rainy winters that saturate the soils, a stage in which settlement by tubification could occur and even lead to collapse in the civil works along the road. This is evidenced by the presence of crab-like erosion at certain points and the salts on the surface of the soil in the form of a whitish sheet, formed by the alluvial sedimentation of the water threads from the Pilluana salt dome, located in the upper part of the right bank of the Huallaga River. When hydrolyzed, the saline soils will behave with dispersing characteristics. This is evidenced by the presence of crab-like erosion at certain points and the salts on the surface of the soil in the form of a whitish sheet, formed by the alluvial sedimentation of the water threads from the Pilluana salt dome, located in the upper part of the right bank of the Huallaga River. When hydrolyzed, the saline soils will behave with dispersing characteristics. Taking into consideration the above mentioned, the objective of the research is to identify and determine the degree of dispersivity of soils, by means of physical characterization, chemical characterization and soils dispersivity. The study area is located in the district of Pilluana, in the province of Picota, department of San Martin, on the right bank of the Huallaga River, at the Sangama port, at approximately km 36+900.00 of the Fernando Belaunde Terry highway, Tarapoto-Picota section, south of the district of Tarapoto. Currently, there is a four-kilometer dirt road leading to the district entrance, which is reached by crossing the Huallaga River using a raft and motorized boats. The evaluation period began in October 2021, and lasted 9 months and 16 calendar days, where the design and experimental treatment of physical and chemical characterization tests were carried out, including moisture content, specific weight, granulometry, liquid limit, plastic limit, dry density and salinity. Dispersion tests were performed using the methodology developed through the Crumb, double Hydrometer and Pinhole, for the main procedures the current international and national standards were followed. The results obtained show that the predominant soils are clays and silts with low and medium plasticity, with a maximum moisture content of 27.02%, of medium hard consistency and with presence of salts. The results of the dispersion tests do not match, having in the Crumb from slight to no reaction, in the double hydrometer only the C-11 test pit has intermediate dispersivity without considering the presence of silts, and in the Pinhole all the pits were considered non-dispersive. In conclusion, the Pinhole is the most reliable test, since it is quantitative, qualitative, and models the service conditions; however, the presence of salinity and the results of the double hydrometer cannot be ignored, therefore, we affirm that the soils on the Puerto Sangama road to the town of Pilluana are silts and clays of medium dispersivity with the presence of salts.

**Keywords** -Dispersive Soils, Pinhole Test, Double Hydrometer.



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Los suelos dispersivos a través de la historia y en la construcción no se tomaron en cuenta, por lo tanto, han generado problemas como el colapso de presas de tierras y terraplenes, desde que se tiene registro desde el año de 1964 con el fallo por tubificación de una presa de tierra en Australia hasta la fecha, con varios incidentes similares alrededor de todo el mundo, como se menciona en el artículo científico (Sierra Sosa & Escudero Eguis, 2016).

Antiguamente los suelos arcillosos eran conocidos como suelos con resistencia a la erosión con la presencia de agua, pero no todas las arcillas presentan estas características. Existen arcillas peligrosas altamente erosivas como las arcillas dispersivas, (Duré, y otros, 2018).

Las arcillas corresponden a un tipo específico de minerales denominados silicatos, especialmente en el grupo de los filosilicatos, o silicatos, (Zapata & Angelone, 2018). Los suelos arcillosos son frecuentes en la naturaleza, sus propiedades físicas, especialmente su baja permeabilidad le proporcionan resistencia ante la erosión. Sin embargo, algunos suelos arcillosos que en presencia de agua exhiben un comportamiento altamente erosivo, (Kumar Singh, Gupta, Prasad Korimilli, & Parey, 2021).

Los suelos dispersivos, son suelos que defloculan espontáneamente cuando están expuestos al agua que tienen poca velocidad hidráulica o nada, los suelos dispersivos son susceptibles a la separación de las partículas individuales y a la posterior erosión a través de las grietas en el suelo bajo la filtración del agua, siendo esto unos de los grandes problemas para las estructuras que inevitablemente tienden a fallar por socavamiento mecánico, por lo cual resulta de vital importancia identificar estos suelos previos a su utilización como material de construcción, (Porteros & Jorge E. Alva Hurtado, 1999). Los suelos dispersivos se han convertido en materiales comunes para la industria de la construcción. Altamente susceptible a erosión interna y tubificación, (Hosseini Vakili, Bin Selamat, Mohajeri, & Moayedi, 2018).

Los numerosos daños provocados por estos tipos de suelos arcillosos se encuentran en obras de contención, terraplenes y estructuras donde hay presencia de agua, (Acuña Correa, 2015). Debido a estos fallos, los ingenieros crearon nuevos ensayos de laboratorio para identificar la presencia de arcillas dispersivas en los suelos. El análisis del laboratorio, pruebas de campo y las observaciones ofrecen a la ingeniería una

oportunidad única para desarrollar estudios que identifiquen y evalúen el tratamiento de estas arcillas, (Espinosa Rodríguez, 2021).

El reconocimiento de la presencia de arcillas dispersivas es una contribución importante en la ingeniería civil, comenzando a incluir al estado de dispersión como potencialmente peligroso en los diseños estructurales. Actualmente no existe un origen geológico específico para este tipo de arcillas, que son difícilmente de identificar a simple vista y por ensayos de rutina, debido a esto se tuvo que crear nuevos ensayos de laboratorio que en la actualidad están normados, que nos permiten identificar y valorar la presencia de arcilla dispersivas, estos métodos son conocidos como el “ensayo de Crumb, el ensayo de Doble Hidrómetro y el ensayo de Pinhole”, (Haramboure & Armas Novoa , 2008).

Mediante el recorrido terrestre del tramo de acceso hacia el Distrito de Pilluana realizado por los investigadores se pudo observar y apreciar de manera más minuciosa en los primeros kilómetros la presencia de suelos arcillosos, presentando en su superficie los minerales atribuidos a las sales, que forman las conocidas planicies de sal, que se desarrolla con la caída de la quebrada Cachi-Ishpa que arrastra sobre su cuenca los minerales desde la parte alta hasta las orillas del río Huallaga. Según (Sherard, Dunnigan, & Decker, 1976), los suelos de partículas finas en la naturaleza son altamente erosionables (suelos dispersivos). Estos suelos tienen un mayor contenido de sodio disuelto en el agua intersticial que los suelos ordinarios.

Se identificó las características para los suelos dispersivos mediante la observación in-situ, encontrando indicios probables de la existencia de estos suelos en la carretera. También se observó vestigios de erosión por el efecto piping siendo estos indicios muestra probable de la presencia de suelos dispersivos en la zona a estudiar, tomando una gran importancia de identificarlos, para su consideración en el mejoramiento del suelo, para una futura construcción vial de la zona, (Abad Guarnizo, 2018, pág. 21).

La observación de campo y el análisis de los ensayos químicos y de caracterización física resulta frecuentemente utilizados en las actividades de la investigación, nos permitirá identificar y determinar la probable presencia de suelos con cierto grado de dispersividad y permitirá obtener información estadísticos que sirvan y aporten al progreso de la ciencia con la participación de nuestra Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, debido que hasta la actualidad es habitual construir sin considerar la interacción suelo-estructura y la escasa investigación pertenecientes al tema en el ámbito local y porque no decir hasta nacional, (Abad Guarnizo, 2018, pág. 24).

La investigación se desarrolla en el distrito de Pilluana, ubicado en la provincia de Picota

departamento de San Martín, en la margen derecha del río Huallaga, altura del puerto Sangama, aproximadamente en la progresivo km 36+900.00, de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo Tarapoto-Picota al sur del distrito de Tarapoto, cuenta actualmente con un acceso de una trocha carrozable de cuatro kilómetros hasta la entrada del distrito, donde se llega cruzando el río Huallaga mediante una balsa y botes a motor, siendo este acceso el más utilizado por las actividades turísticas y comercio sobre todo el de pan llevar de la zona hacia el mercado de Tarapoto.

Según lo mencionado, el fenómeno dispersivo de los suelos, es estudiado a nivel mundial, por lo cual en este contexto abordamos este trabajo de investigación en la zona de Pilluana, específicamente en el tramo de la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, que se ubica en la Selva Alta de nuestra región la misma que presenta una característica de clima tropical, que varía en verano con poca precipitaciones e invierno lluvioso, generando que el suelo se sature. En esta etapa se presentan los problemas de dispersión que provocaría los asentamientos por tubificación y llegar hasta el colapso en las obras civiles que afectaría en la utilidad y confort de los usuarios en la transitabilidad de la carretera, (Kelly M. Saucedo, 2021, pág. 24).

Según lo mencionado se formuló el siguiente problema, ¿Será posible que mediante la caracterización de los suelos se logre identificar y determinar el grado de dispersividad del suelo, en el tramo de la carretera, Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana?.

Se respondió a la pregunta con dos hipótesis, la primera es una afirmativa que indica la aplicación de la metodología de Crumb, doble Hidrómetro y Pinhole, para la caracterización de los suelos son eficaces para identificar y determinar el grado de dispersividad de los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

La segunda es una posible respuesta negativa, que menciona la aplicación de la metodología de Crumb, doble Hidrómetro y Pinhole, para la caracterización de los suelos no son eficaces para identificar y determinar el grado de dispersividad de los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

A partir del problema y la hipótesis mencionada se planteó como objetivo general, identificar y determinar el grado de dispersividad de los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

Para lograr este objetivo se propuso los siguientes objetivos específicos, identificar y caracterizar físicamente mediante ensayos de campo y laboratorio a los suelos en la

carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, determinar la característica química mediante los ensayos de laboratorio a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana y evaluar el grado de dispersividad mediante los métodos de Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Abad Guarnizo (2018), manifiesta en su proyecto de investigación ante la universidad Técnica de Loja, Ecuador “*Caracterización del grado de dispersión en arcilla de la Zona Sur-Este de la cuenca sedimentaria de Loja, para determinar potencial de generación de procesos de piping*”, concluyendo que la tubificación existente es controlada por factores hídricos y características del terreno. La ciudad de Loja posee valores de precipitación intermedios, esto actúa como un catalizador generando estructuras de dispersión relativamente desarrolladas que se manifiestan como resultado de un proceso de eluviación lento que permitió que partículas dispersivas percolen en estratos más profundos, sin embargo, estas estructuras podrían evolucionar y ocasionar problemas de colapso en cualquier momento.

Iguñiz (2021), declara en su trabajo de investigación presentada ante la Universidad de Zaragoza, España, “*Evaluación del impacto en la calidad de los suelos de la presencia de las formaciones salinas y su explotación en el entorno de Remolinos*” llega al siguiente resultado; en su estudio de la salinidad y sodicidad en el suelo y el agua en el área de estudio entre Tauste y Alagón ha revelado una alta concentración de sodio (Na), calcio (Ca), cloruros (Cl-) y sulfuros (SO<sub>4</sub>). A partir de las muestras de suelo y agua obtenidas en el campo, y después de la química analizada en laboratorio, se concluye que la zona de estudio presenta suelos salinos y salino-sódicos, en cuya dispersión se ha determinado en tres de ellos.

Santamaria Camargo (2021), argumenta en su trabajo de investigación publicada ante la Universidad EIA, Medellín, “*Determinación de la presencia de suelos dispersivos en la comuna 16 (Belén) de la ciudad de Medellín.*”, demuestra en su investigación, que cuando el suelo presente es de origen aluvial muestra mayores características dispersivas. Comparó todos los resultados de los ensayos, concluyó que los suelos en el área de estudio no poseen altas características dispersivas, ya que, al realizar el ensayo de doble hidrómetro en cada una de las muestras, más de la mitad de los resultados dieron que no son dispersivos.

Díaz Díaz & Guerreño Castellanos (2021), en su trabajo de investigación desarrollada en la Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, “*Evaluación de dispersividad en arcillas caoliníticas mediante la imposición de canales artificiales de tubificación al espécimen*”,

afirma que, para obtener la reacción a la dispersividad de un suelo con alta confiabilidad es necesario un set de ensayos cualitativos como Pinhole, Crumb y doble hidrómetro. Se recomienda en lo posible incluir ensayos cuantitativos de enfoque físico-químico. Esta investigación demuestra que el ensayo Pinhole puede presentar fallas a la hora de evaluar acertadamente la dispersividad de un suelo. Para muestras altamente dispersivas, evaluadas tanto por el método A, como B, la diferencia en la tipificación puede ser elevada.

Rosales Asto (2021), indica en su trabajo de investigación sustentada ante la Universidad Agraria de la Molina en Lima, Perú, "*Análisis experimental del fenómeno de tubificación en presas de tierra*", concluye que, la tubificación ocurre en suelos sin cohesión (arena limosa) o de baja plasticidad (con índice de plasticidad menores a 6 por ciento) y en los suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 15 por ciento y con un porcentaje de limo mayor a 40 por ciento, compactadas con la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad obtenida de los ensayos de compactación.

Kelly M. Saucedo (2021), según su proyecto de investigación ante la Universidad Científica del Perú, Tarapoto, "*Comportamiento Mecánico de los Suelos Dispersivos Tropicales, Estabilizados con Cemento Pórtland, en la Zona Urbana del Distrito de Pilluana, Provincia de Picota y Región San Martín – 2020*", llegan a la siguiente conclusión, mediante los ensayos realizados se determinó un suelo medianamente dispersivo, obteniendo un comportamiento mecánico de los suelos, de densidad seca de 1.870 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad de 12%, lo cual demuestra un contenido de humedad alto que reduce la densidad seca, además de ser malo para la densificación del suelo mediante la compactación.

## **2.2. Fundamentos teóricos**

### **2.2.1 Caracterización de los suelos dispersivos**

Los suelos dispersivos son por lo general arcillas que se erosionan con facilidad, debido a su estado físico y químico que la porción del suelo provoca a las partículas individuales de la arcilla a dispersarse y se rechazan en la presencia del agua, (Garay Porteros & Alva Hurtado, 1999, pág. 2).

### **2.2.2 Características de erosión de los suelos dispersivos**

Desde hace años, la investigación en erosión se centró específicamente en las hídricas superficiales, mientras los procesos de piping tuvieron poca atención. Sin embargo, hay que considerar la importancia de estos procesos, porque pueden ser responsables de

elevadas tasas de erosión y producción de sedimento, (E. Nadal, Verachtert, Maes, & Poesen, 2011, pág. 101). La erosión presenta relevancia en suelos y materiales con escasa consolidación, sobre afloramiento de rocas blandas, con abundante arcilla expansivas y sodio, lo que reduce la cohesión de los materiales, (García Ruiz, 2011, pág. 7).

La tubificación interna no es un fenómeno particular de taludes, se puede desarrollar a muchos metros en el interior del suelo. La erosión subterránea o cañería corresponde, por tanto, al proceso de formación de tubos, es decir, formación de canales desde una pendiente por el transporte de partículas, este proceso puede evolucionar hacia grandes cavidades en el subsuelo, (Camapum, Martines Sales, Moreira de Souza, & Da Silva, 2006, pág. 48).

La tubificación ocurre en la naturaleza más comúnmente en las tierras secas, pero puede ser inducidas en cualquier lugar donde se presenten grandes diferenciales de carga hidráulica, desarrollado en distancias cortas débilmente consolidados o no consolidados, y es una de los principales factores contribuyente en los tipos de erosión de cárcavas o tierras baldías, (Parker, 1964, pág. 112).

### 2.2.3 Características físicas

#### 2.2.3.1 Contenido de humedad

Es la relación del porcentaje del peso de agua en una masa de suelo al peso de las partículas sólidas. Para su cálculo se realiza mediante la fórmula:

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (2.1)$$

Donde; "W" es el contenido de humedad en %; "Mcws" es el peso del contenedor más el suelo húmedo en gramos; "Mcs" es el peso del contenedor más el suelo secado en horno en gramos; "Mc" es el peso del contenedor en gramos; "Mw" es el peso del agua en gramos y "Ms" es el peso de las partículas sólidas en gramos, (MTC, 2016, pág. 52).

#### 2.2.3.2 Peso específico

El peso específico se expresa como el peso unitario del material respecto al peso unitario del agua destilada, y son utilizados en el cálculo de las fases de los suelos, tales como relación de vacíos y grado de saturación, (MTC, 2016, pág. 80).

Para calcular la masa del picnómetro y el agua a la temperatura de ensayo:

$$M_{pw.t} = M_p + (V_p \times \rho_{w.t}) \quad (2.2)$$

Donde; " $M_p$ " es la masa promedio calibrada del picnómetro seco (g); " $V_p$ " es el volumen promedio calibrado del picnómetro (ml) y " $\rho_{w,t}$ " es la densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml), (MTC, 2016, pág. 80).

Para el cálculo del "peso específico" del suelo:

$$S_s = \frac{\rho_s}{\rho_{w,t}} = \frac{M_s}{M_{\rho_{w,t}} - M_{\rho_{ws,t}} + M_s} \quad (2.3)$$

Donde; " $\rho_s$ " es la densidad del sólido de suelo (g/cm<sup>3</sup>); " $\rho_{w,t}$ " es la densidad del agua a la temperatura de ensayo; " $M_s$ " es la masa de los sólidos de suelo secadas al horno (g) y " $M_{\rho_{ws,t}}$ " es la masa del picnómetro, agua, y suelo a la temperatura de ensayo (g).

Para el cálculo de la "gravedad específica" de los sólidos de suelo a 20°C:

$$G_{20^\circ C} = KxS_s \quad (2.4)$$

Donde; "K" es el coeficiente de temperatura. (MTC, 2016, pág. 87).

### 2.2.3.3 Análisis Granulométricos

Es la separación de las partículas del suelo con relación a su tamaño, y se establece mediante el método de análisis mecánico el rango del tamaño de partículas existentes en un suelo, expresando como porcentaje del peso seco total. Generalmente se utilizan dos metodologías para obtener la porción del tamaño de las partículas. El análisis de tamizado mecánico para partículas mayores a 0.075 mm de diámetro y el análisis de hidrómetro para tamaños de partículas menores que 0.075 mm, (Das, Braja M., 2013, pág. 33). Para su análisis se registra el porcentaje retenido parcial, se calcula el porcentaje que pasa en cada tamiz y se grafican en una curva granulométrica entre el %Pasa & Diámetro, (MTC, 2016, pág. 47).

$$\%Retenido = \frac{Peso\ retenido\ en\ el\ Tamiz}{Peso\ Total} \times 100 \quad (2.5)$$

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido.acumu \quad (2.6)$$

### 2.2.3.4 Densidad seca

Este método se usa para calcular la densidad in-situ de depósitos de suelos, agregados, mezcla de suelos u otro material similar. Primero se calcula el volumen del orificio de prueba de la siguiente manera:

$$V = \frac{M_1 - M_2}{\rho_1} \quad (2.7)$$

Donde; "M1" es la masa arena antes del ensayo (g) y "M2" es la masa de la arena

restante después del ensayo (g).

Después se calcula la masa seca del suelo extraído del orificio de prueba:

$$M_4 = \frac{100 \times M_3}{(W+100)} \quad (2.8)$$

Donde; “M3” es la masa húmeda del material del hueco de ensayo (g) y “W” es el contenido de humedad del material extraído del orificio de prueba (%).

Finalmente se calcula la densidad seca del material ensayado, (MTC, 2016, pág. 137).

$$\rho_0 = \frac{M_4}{V} \quad (2.9)$$

### 2.2.3.5 Límite líquido

El límite líquido es el contenido de humedad, puesto en porcentaje, para el cual el suelo se encuentra entre los estados de límites líquido y plástico, (MTC, 2016, pág. 67).

### 2.2.3.6 Límite plástico

El límite plástico es el límite inferior del estado plástico del suelo. El ensayo es fácil de desarrollar, realizando rodados reiterados a una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado, (Das, Braja M., 2013, pág. 65).

Para el cálculo del límite líquido se realiza mediante la fórmula, (MTC, 2016, pág. 73).

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad (2.10)$$

## 2.2.4 Clasificación de suelos

Los diferentes tipos de suelos son reconocidos frecuentemente en unión de dos o más tipos diferentes de suelos, que pueden ser: arenas, limo, arcillas, limo arcilloso, areno arcilloso, etc. Los métodos que actualmente están en uso, son los sistemas SUCS y AASHTO, ambas clasificaciones están basadas en la “granulometría y plasticidad”.

### a) Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Se basa en la identificación según sus características estructurales. La Plasticidad y su comportamiento como material de construcción, los suelos se separan en tres grupos, los suelos de grano grueso, grano fino y altamente orgánicos, estos suelos se presentan mediante los símbolos definidos como son: “la grava (G), arena (S), limo (M), arcilla (C), limos orgánicos y arcilla (O), turba y suelos altamente orgánicos (PT), y se complementa con sus características como alta plasticidad (H), baja plasticidad (L), bien graduado (W) y mal graduado (P)”, (Das, 2011, pág. 19).

## b) Sistema de clasificación AASHTO

En este sistema, los suelos se clasifican en siete grupos, “A-1 hasta A-8”, considerando su granulometría, el límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos listados en los grupos “A-1, A-2 y A-3” son suelos de grano grueso, y aquellos en los grupos “A-4, A-5, A-6 y A-7” son materiales de grano fino, (Das, 2011, pág. 18).

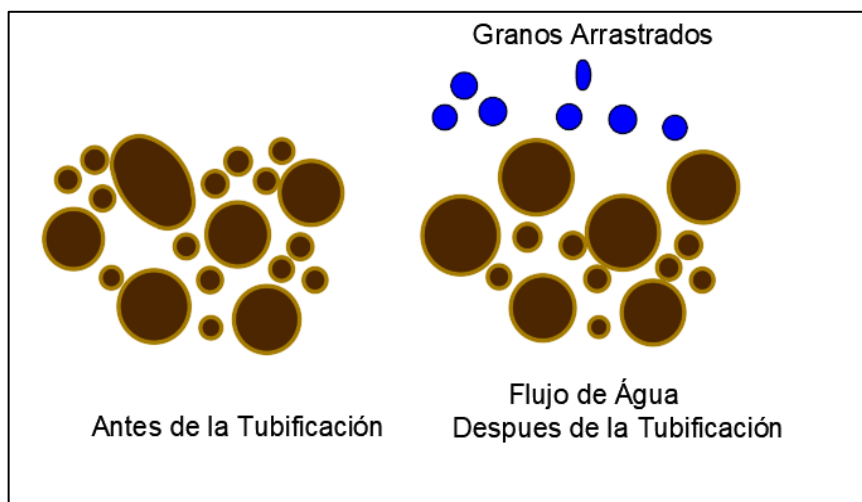
### 2.2.5 Dispersividad de Suelos

Los suelos dispersivos presentan tubificación, donde las fuerzas de infiltración hídrica generan la separación de las partículas al interior del suelo, formando cavidades en forma tubular, las cuales avanzan hacia el interior del suelo, (Camapum, Martines Sales, Moreira de Souza, & Da Silva, 2006, pág. 102).

La erosión interna en el suelo puede ocurrir, cuando la carga de infiltración supera la resistencia del suelo, generando la falla hidráulica; también cuando el gradiente hidráulico excede el gradiente crítico del suelo, (Camapum, Martines Sales, Moreira de Souza, & Da Silva, 2006, pág. 90).

#### 2.2.5.1 Tubificación

Este problema se observa cuando la fuerza de resistencia ante la erosión es menor que las fuerzas del flujo de agua que tiende a producirla, de manera que las partículas son desplazadas por la corriente. Se origina en cualquier grieta sin importar su tamaño o su causa, (Suancha Vera, 2014, pág. 17).

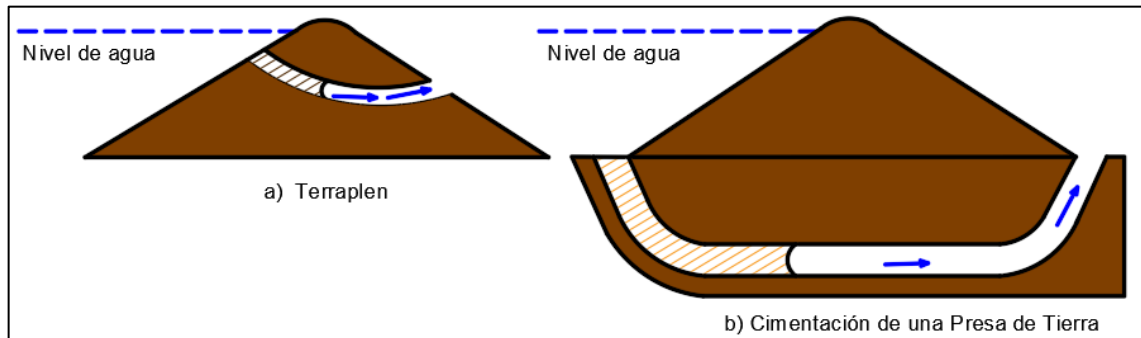


*Figura 1.* Proceso de tubificación.  
Fuente: (Xiangyue & Arroyo, 2011, pág. 9).

#### 2.2.5.2 Tubificación retrógrada

Esta se puede producir en casi todos los suelos, desde aguas abajo hacia aguas arriba,

siguiendo preferentemente el camino de concentración de las líneas de filtración, (Suancha Vera, 2014, pág. 18).

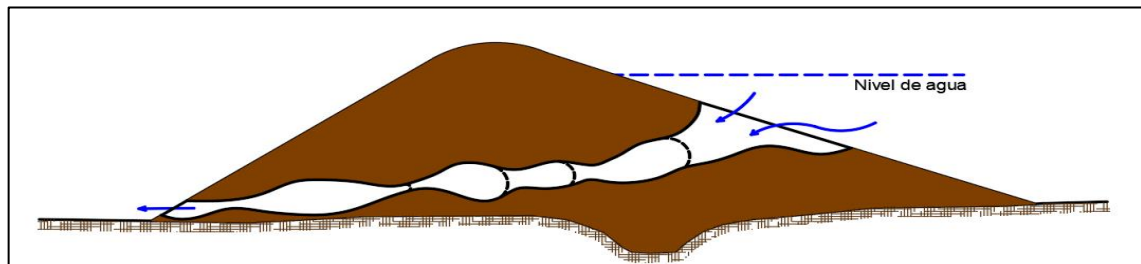


*Figura 2.* Arrastre de granos de suelo por efecto de tubificación retrógrada.

Fuente: (Suancha Vera, 2014, pág. 18).

### 2.2.5.3 Fractura hidráulica

Consiste en la interrupción del agua en las grietas de los terraplenes, debido a la carga hidráulica, ejerciendo sub presiones y presiones en diferentes direcciones, especialmente en el proceso del primer llenado del embalse o al originarse alguna variación en su nivel, (Suancha Vera, 2014, pág. 19).

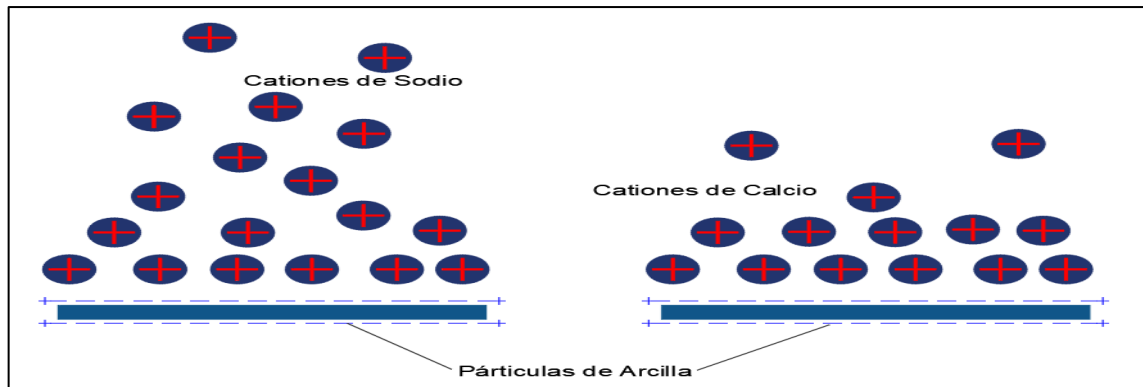


*Figura 3.* Fractura hidráulica.

Fuente: (Suancha Vera, 2014, pág. 19).

### 2.2.6 Característica química

La tendencia a la erosión por dispersión de estos suelos está en función de la mineralogía y las propiedades químicas de la arcilla que contiene, así como el tipo y cantidad de sales disueltas en los poros y en el agua que se infiltra, (Sherard & Decker, 1977, pág. 1). La mayor diferencia entre las arcillas dispersivas y las ordinarias es la resistencia ante la erosión interna, esta característica se encuentra en el tipo de cationes disueltos en el agua intersticial, adheridos a la doble capa de difusión de la partícula, (Abad Guarnizo, 2018, pág. 24).



*Figura 4.* Comportamiento de los iones de Sodio y Calcio adheridos a la partícula de arcilla.

Fuente: (Hanson, Grattan, & Fulton, 2006).

Los cationes de Sodio se adhieren a la partícula de arcilla con la menor fuerza electrostática, por lo que son transportados con facilidad por el agua que fluye entre sus poros, (González Haramboure, 2018, pág. 12). Los suelos dispersivos se consideran arcillas cuyo porcentaje de sales de (Na) en el agua intersticial sobrepasa de 40% o 60% del total de las sales, (Pacheco Rey, 2021, pág. 32).

## 2.2.7 Características ambientales

### 2.2.7.1 Geología

Según (Suancha Vera, 2014, pág. 14), menciona que las arcillas dispersivas no han sido definitivamente asociadas con un origen geológico específico pero la mayoría ha sido encontrada como arcillas de origen aluvial. Igualmente, en algunas áreas, rocas arcillo litas y lutitas tienen las mismas sales en el agua de poros que las arcillas dispersivas y, por lo tanto, sus suelos residuales son dispersivos.

### 2.2.7.2 Clima

En su investigación (Haramboure & Armas Novoa, 2008, pág. 2) nos indican que los estudios iniciales vincularon a las arcillas dispersivas a suelos ubicados en climas áridos y semiáridos, y en áreas de suelos alcalinos. También se han encontrado en varias regiones de clima húmedo.

## 2.2.8 Identificación de los suelos dispersivos

### 2.2.8.1 Ensayos de campo

Los ensayos en campo son útiles para realizar una evaluación rápida, para identificar si un suelo es dispersivo. Sin embargo, se debe reconocer que la certeza de estos ensayos es limitada, (Porteros & Alva Hurtado, 1999, pág. 3).

## 2.2.8.2 Ensayos de laboratorio

### 2.2.8.2.1 Ensayo de Crumb

Se conoce también como ensayo de desmenuzamiento, se realiza preparando un cubo del suelo, de 15 mm de cada lado, secado al aire. Se coloca en un recipiente con agua destilada, después de 5 a 10 minutos, se visualiza la reacción de las partículas a formar una suspensión coloidal, (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 2).

La dispersividad se valora según el grado de suspensión coloidal del suelo, la norma nos indica cuatro grados. El grado uno no se aprecia una reacción, donde la muestra se deshace y dispersa en el fondo del recipiente con agua sin enturbiarlo. El grado dos con reacción ligera, se observa una débil turbulencia en el agua próxima a la superficie del terrón. El grado tres como reacción moderada, se observa turbulencia coloidal en suspensión, fácilmente observable que se propaga en el fondo. El grado cuatro como reacción fuerte, se observa que la turbulencia se esparce por todo el fondo del recipiente y hasta llegar a expandir en toda el agua. Este ensayo adolece de un problema de apreciación y en sus resultados influye la pericia de la persona que lo realiza, (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 3).

### 2.2.8.2.2 Ensayo de doble Hidrómetro

El ensayo determina la distribución de las partículas del suelo por su tamaño, mediante el Ensayo del Hidrómetro y en paralelo realizar un segundo ensayo de hidrómetro a una muestra con las mismas características, pero sin agitación mecánica ni dispersante químico, (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 3).

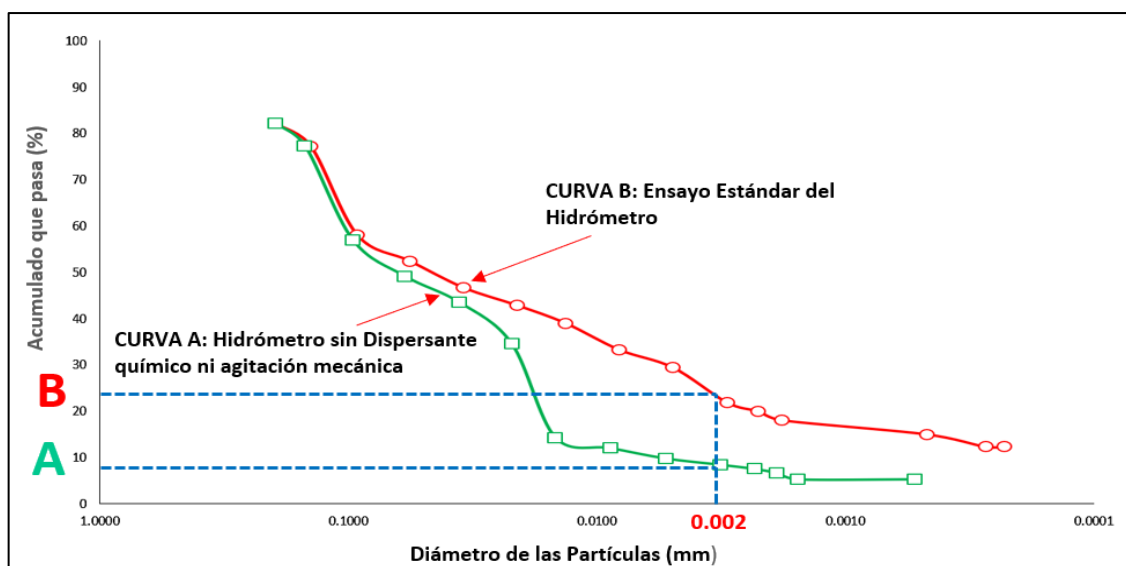


Figura 5. Curvas granulométricas obtenidas en un suelo mediante el Ensayo del Doble Hidrómetro.

Fuente: Desarrollado por los autores, (2022).

Según la figura 5, el porcentaje de dispersión se calcula:

$$\text{Porcentaje de dispersión} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (2.11)$$

Donde “A y B” son los porcentajes de las partículas de 0,002 mm de diámetro obtenidas entre el segundo y primer hidrómetro, para determinar el grado de dispersión en los ensayos se utiliza las relaciones que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

*Relación entre el porcentaje de dispersión y el carácter dispersivo del suelo*

Porcentaje de Dispersión (%)	Grado de Dispersión
<30	No Dispersivo
30 a 50	Intermedio
>50	Dispersivo

Fuente: (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 3)

La interpretación según (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 3) es cuanto más próxima es la relación A/B a la unidad, mayor capacidad de dispersión tiene el suelo, al no requerir de agente químico dispersante o agitación mecánica para asemejar los resultados del hidrómetro en su estado natural.

### Actividad de la arcilla

Se define una cantidad denominada actividad, que es la pendiente de la línea de correlación de IP y el por ciento más fino que  $2 \mu$ , (Das, Braja M., 2013, pág. 72). Esta actividad se puede expresar como.

$$A = \frac{IP}{\%Arcilla} \quad (2.12)$$

Tabla 2.

*Actividad de los minerales de arcilla*

Mineral	Actividad, A
Montmorillonita	1 - 7
Ilita	0.5 - 1
Caolinita	0.5

Fuente: (Das, Braja M., 2013, pág. 72)

### 2.2.8.2.3 Ensayo de Pinhole

Se realiza haciendo pasar agua destilada a través de un agujero de 1mm de diámetro, a lo largo de una muestra de forma cilíndrica, de 1 pulg. El agua pasa con cuatro cargas

hidráulicas diferentes, desde los 50mm, 180mm, 380mm y 1020mm, empezando por la menor en el transcurso de un intervalo de tiempo, (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 3).

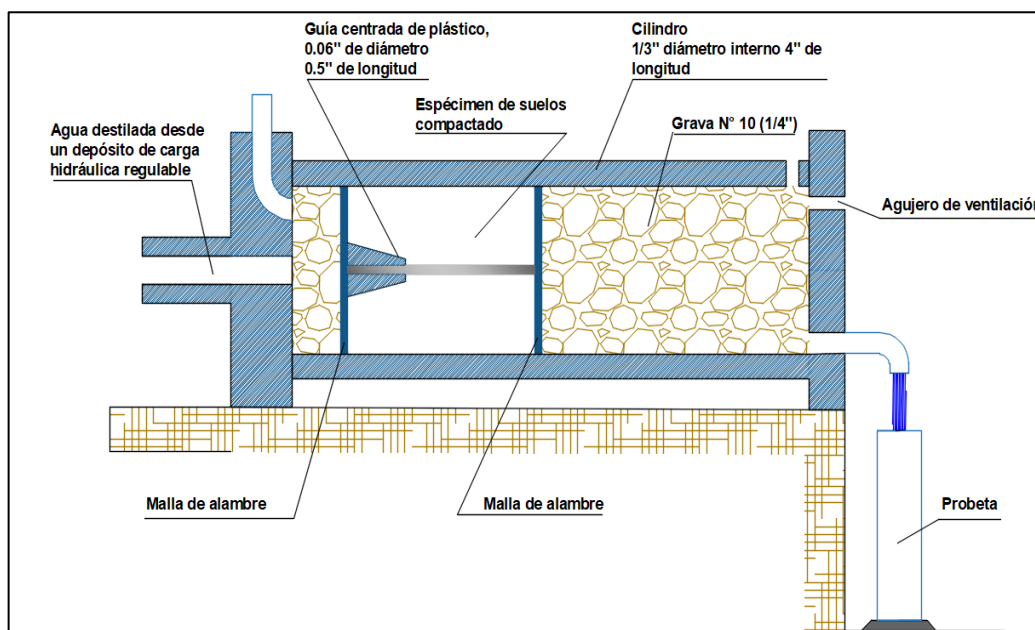


Figura 6. Esquema del equipo del Ensayo de Pinhole.

Fuente: (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 4).

La Tabla 3 nos muestra la guía para catalogar el suelo según su dispersión:

Tabla 3.

*Criterios para clasificar los suelos a partir del Ensayo de Pinhole*

Clasificación	Carga (pulg)	Tiempo de ensayo (min)	Gasto de agua a través de la muestra (ml/s)	Color del agua al final del ensayo	Tamaño del agujero al final del ensayo.
D1	2	5	>1.5	Muy turbia	2
D2	2	10	>1.0	Turbia a débil	2
ND4	2	10	>0.8	Débil, pero claramente visible	1.5
ND3	7-15	5	>2.5	Débil, pero claramente visible	2
ND2	40	5	>3.5	Clara o escasamente visibles	2
ND1	40	5	>5.0	cristalina	Sin erosión

Fuente: (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 4)

El resultado se puede definir en tres grupos, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.

*Clasificación del suelo según resultados del Ensayo de Pinhole*

<b>Clasificación de los resultados individuales del Ensayo del Pinhole</b>	<b>Clasificación del Suelo</b>
<b>D1 y D2</b>	Suelos Dispersivos, fallan rápidamente bajo una carga de 2" (50 mm)
<b>ND4 y ND3</b>	Suelos intermedios, se erosionan lentamente bajo una carga de 2" (50 mm)
<b>ND2 y ND1</b>	Suelos no dispersivos, erosión no coloidal bajo cargas de 15" (380 mm) y 40" (1020 mm)

Fuente: (Haramboure & Armas Novoa , 2008, pág. 4)

El "Ensayo de Pinhole" se desarrolla con facilidad y los resultados son cuantificados de acuerdo a los intervalos.

### **2.2.9 Determinación de la conductividad eléctrica**

(Bazán Tapia, 2017, pág. 32), define la salinidad a la presencia de solutos inorgánicos mezclados en el agua. Estas sales en el suelo son determinadas mediante la conductividad eléctrica en un suelo saturado, mediante un ensayo conductométrico.

Los resultados se interpretan según la escala indicada en la tabla.

Tabla 5.

*Parámetros de escala en Intensidad de salinidad*

<b>Parámetros de C.E. (uS/cm)</b>	<b>Intensidad de Salinidad</b>
<b>&lt; 2000</b>	Sin presencia de sales"
<b>2000-4000</b>	"Ligero presencia de sales"
<b>4000-8000</b>	"Con presencia de Sales"
<b>8000-16000</b>	"Fuerte problema de sales"
<b>&gt; 16000</b>	"Muy fuertemente salino"

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

##### 3.1.1 Contexto de la Investigación

##### 3.1.1.1 Ubicación política

El tramo de carretera se encuentra ubicado políticamente:

- Región : San Martín.
- Provincia : Picota.
- Distrito : Pilluana.

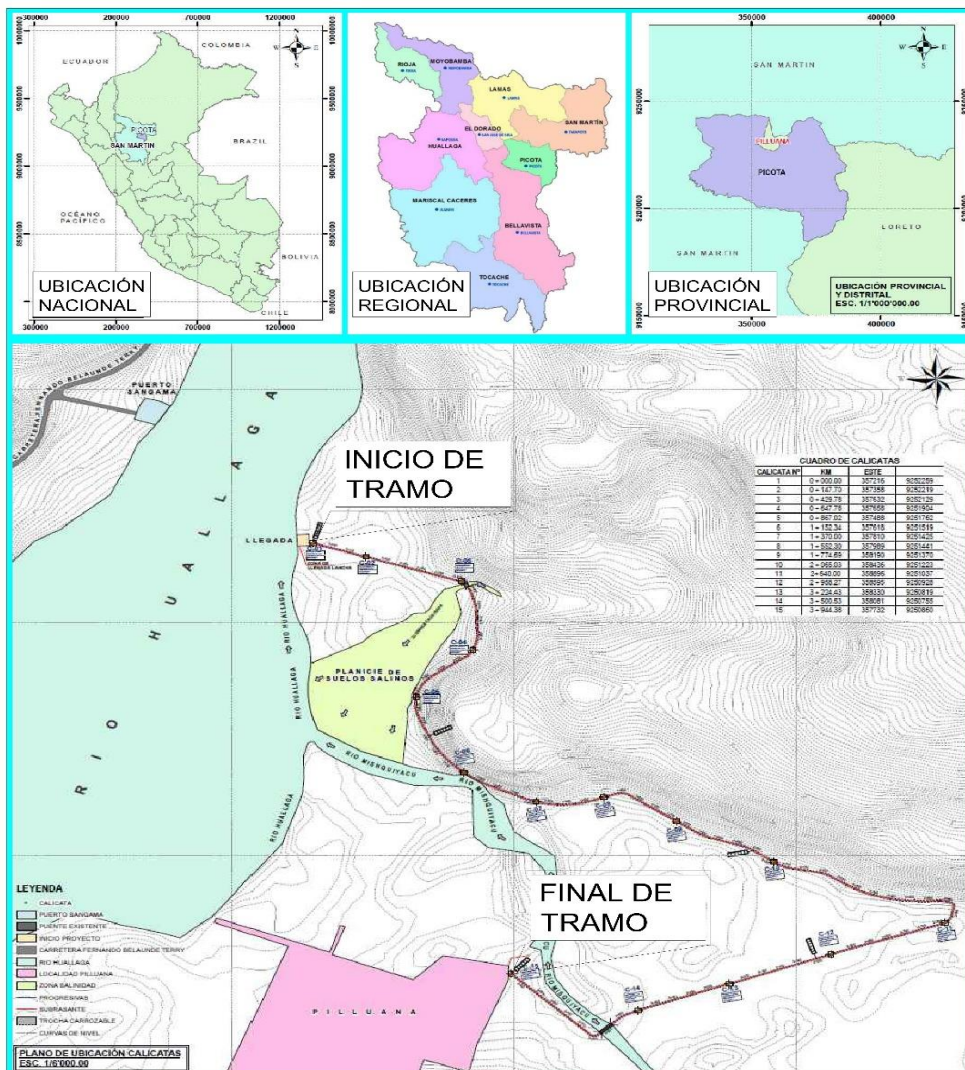


Figura 7. Mapa de Ubicación.  
Fuente: Adaptado por los autores, (2022).

Límites de la área de estudio, según el Google Earth 2022.

- Por el Norte : colinda con el distrito de Sauce.
- Por el Sur : colinda con el distrito de Buenos Aires.
- Por el Este : colinda con el distrito de Tres Unidos.
- Por el Oeste : río Huallaga.

### 3.1.1.2 Ubicación Geográfica

Geográficamente el área investigada se localiza entre el tramo de acceso del Puerto Sangama hacia el Distrito de Pilluana, teniendo como ubicación al Puerto Sangama entre los paralelos 6°45'33.71" de Latitud Sur y los meridianos 76° 17' 45.25" de Longitud Oeste y el Distrito de Pilluana entre los paralelos 6°46'36.43" de Latitud Sur y los meridianos 76° 17' 31.00" de Longitud Oeste, teniendo como punto de acceso la intersección de la ruta vial PE-5N embarcadero Puerto Sangama-SM 799 alrededor de la progresivo km 36+900.00, de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo Tarapoto-Picota al sur del distrito de Tarapoto.

Tabla 6.

*Ubicación Geográfica*

UBICACIÓN	COORDENADAS	
	LATITUD (S)	LONGITUD (O)
PUERTO SANGAMA	6°45'33.71"	76° 17' 45.25"
PILLUANA	6°46'36.43"	76° 17' 31.00"

Fuente: Google Earth Pro, adaptado por los autores, (2022)

### 3.1.2 Período de ejecución

El Trabajo de investigación inicia el 4 de octubre del 2021, donde se realiza la inspección del terreno y se marca la ubicación de las quince calicatas. La aprobación para la ejecución de la investigación fue otorgada con fecha 29 de diciembre del 2021 mediante el número de resolución N° 156-2021-UNSM/FICA-D-NLU, haciéndolo oficial el desarrollo de la presente investigación. Se culmina con el procesamiento de datos y presentación ante la FICA de la UNSM-T, con fecha 20 de Julio del 2022, haciendo un total de 9 meses y 16 días o 289 días calendarios que duro la ejecución de la presente investigación.

### 3.1.3 Autorización y permisos

#### 3.1.3.1 Autorización de ejecución

La autorización para la ejecución de la investigación se oficializó vía resolución, por parte de la FICA de la UNSM-T, con N° 156-2021-UNSM/FICA-D-NLU y fecha 29 de diciembre del 2021.

#### Autorización de excavación de calicatas

Mediante la carta N° 001-2021-UNSM-FICA enviada por parte de los autores con fecha 4 de octubre, hacia la Municipalidad Distrital de Pilluana, con el asunto de “Solicitar permiso para las excavaciones y obtención de muestras de suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana”, se nos respondió con fecha 17 de enero del 2022, mediante el oficio N° 001-2022-MDP/A, donde nos autorizan a proceder con las excavaciones, se ubica en los anexos 2; 3 y 4.

### 3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

#### 3.1.4.1 Control Ambiental

Se realizó un control ambiental siguiendo los pasos descritos en la Figura 8.

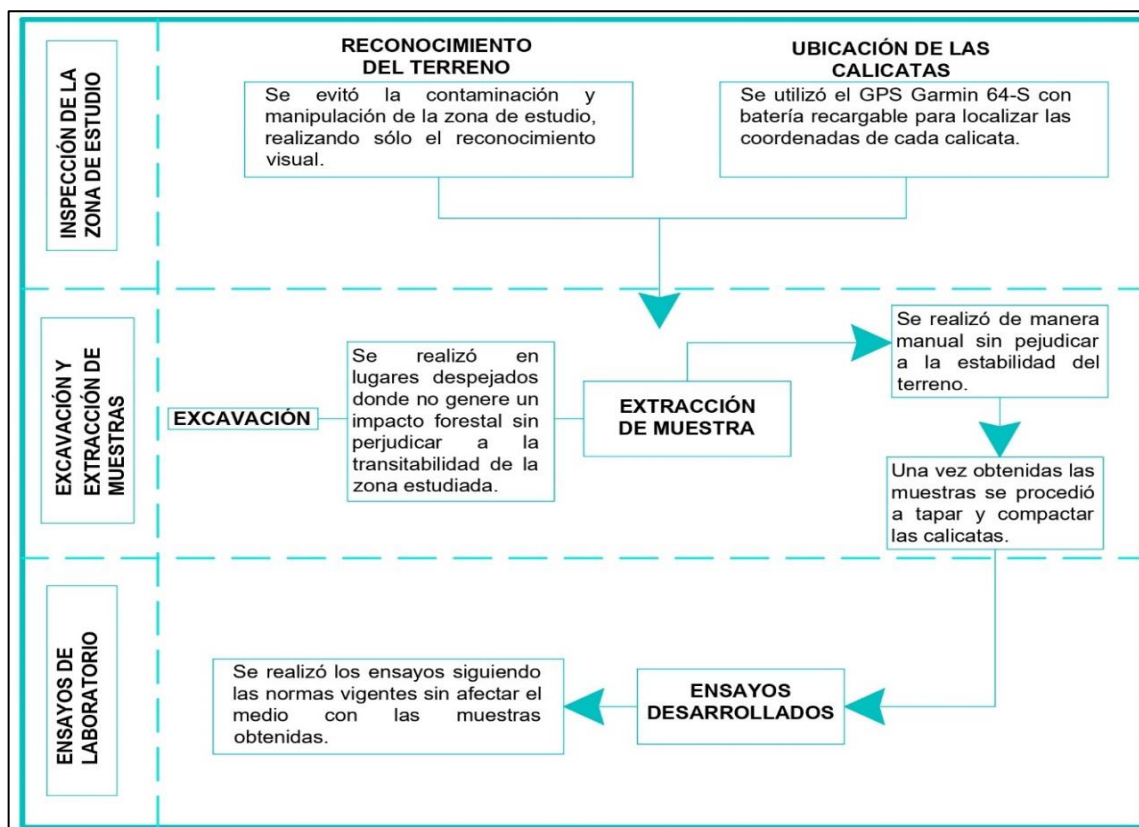


Figura 8. Control ambiental.

Fuente: Desarrollado por los autores, (2022).

### 3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

Los autores de la presente investigación declaramos que se respetó los principios éticos generales, parcialmente los principios de totalidad e integridad; así como los sistemas de conducta que debemos ejercer permanentemente, (Moreno, 2010). Se respetó a las personas y al ecosistema, (Hoyos, 2000). Se ha aplicado la cultura del no plagio mediante las citas bibliográficas de todos los libros, norma, revistas, artículos y páginas web que contribuyeron a la investigación y comprobados con el software turnitin.

## 3.2. Sistema de variables

### 3.2.1 Variables principales

#### 3.2.1.1 Variable Independiente:

Caracterización de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

#### 3.2.1.2 Variables Dependientes:

Grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

#### 3.2.1.3 Operacionalización de variables dependientes.

Tabla 7.

*Descripción de la Variable del Objetivo específico № 1*

**Objetivo específico № 1: Identificar y caracterizar físicamente mediante ensayos de campo y laboratorio a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.**

Variable Abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Características físicas de los suelos.	Contenido de humedad.	Ensayo de contenido de humedad.	%
	Granulometría.	Ensayo de granulometría.	%
	Límites de Atterberg	Ensayo de límites de Atterberg.	%
	Densidad seca	Ensayo de densidad seca.	g/cm <sup>3</sup>
	Peso específico	Ensayo de peso específico.	Adimensional

Fuente: Desarrollado por los autores, (2022)

Tabla 8.

*Descripción de la Variable del Objetivo específico № 2*

<b>Objetivo específico № 2: Determinar la característica química mediante los ensayos de laboratorio a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</b>			
Variable Abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Características químicas de los suelos.	Grado de Salinidad de los suelos.	Ensayo de conductividad eléctrica	uS/Cm

Fuente: Desarrollado por los autores, (2022)

Tabla 9.

*Descripción de la Variable del Objetivo específico № 3*

<b>Objetivo específico № 3: Evaluar el grado de dispersividad mediante los métodos de Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</b>			
Variable Abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Características dispersivas de los suelos	Grado de dispersividad de los suelos.	Resultados-“Ensayo de Crumb”	Grado 1
			Grado 2
			Grado 3
			Grado 4
		Resultados-“Ensayo de Doble Hidrómetro”	%
		Resultados-“Ensayo de Pinhole”	mm, ml/s

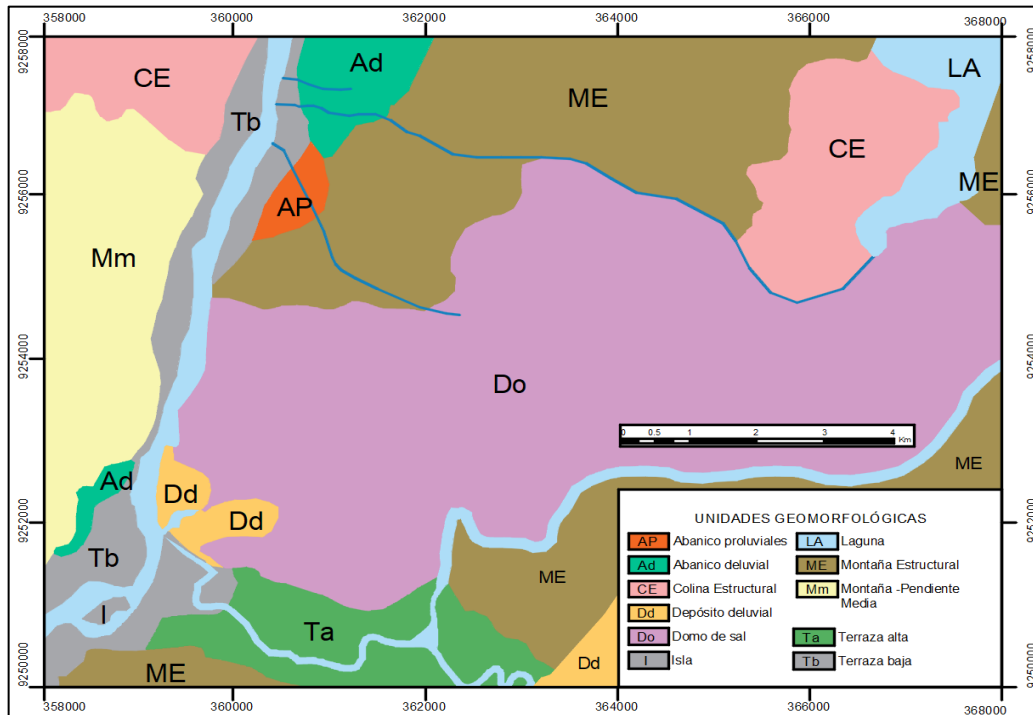
Fuente: Desarrollado por los autores, (2022)

### 3.2.2 Variables secundarias

#### Geología.

La provincia de Picota está conformada por dos grandes unidades morfo-estructurales, la cordillera escalera con sus fases diferenciables, la Cordillera Oriental y la Cordillera Sub-andina, (conformado por Cordillera Azul, Cordillera Escalera y Cordillera Cahuapanas) y la llanura amazónica, (Kelly M. Saucedo, 2021). En la zona de estudio se han identificado cinco componentes geomorfológicas como montañas, colinas, lomadas, depósitos de piedemontes y planicies, que son recategorización considerando su origen, la geometría del relieve, el carácter de su estructura y asociación fluvial,

aluvial, y gravitacional. Ello permitió establecer las siguientes unidades geomorfológicas mostrados en la Figura 9, (Luque Poma & Núñez Juárez, 2008).



*Figura 9.* Mapa Geomorfológico de Pilluana.

Fuente: (Luque Poma & Núñez Juárez, 2008), adaptado por los autores, (2022).



En la figura se observa el domo salino de Pilluana distribuidos en la Faja del río Hualлага y en gran parte del perímetro de la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, las existencias de salinidad en los suelos generan un comportamiento dispersivo.

### **Meteorología.**

El promedio máximo de precipitación se observa en el mes de abril con una precipitación promedio de 140.29 mm, y en el mes de julio se observa la mínima precipitaciones que son de 55.43 mm. La lamina de precipitación media anual calculada es de 1104.86 mm, ver Tabla 10.

Tabla 10.

Precipitaciones mensuales Periodo 2000-2020

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>												
<b>Proyecto:</b>	IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA.													
<b>Localización :</b>	Distrito de Pilluana, Provincia de Picota , Dpto. y Región San Martín							<b>Latitud</b>	: 6°46'34.7"					
<b>Estación:</b>	Pilluana							<b>Longitud</b>	: 76°17'26"					
<b>Tesistas :</b>	Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur Bach. Cristhian Junior Dávila Tafur							<b>Altitud</b>	: 208 msnm.					
							<b>Tipo</b>	: CO - Meteorológica					<b>Código</b>	: 106098
<b>PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)</b>														
<b>Año</b>	<b>Enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Lámina Anual (mm)</b>	
2000	94.30	91.90	49.20	161.20	34.60	27.70	63.70	77.30	128.50	61.10	46.80	94.90	<b>931.20</b>	
2001	56.50	81.70	108.70	147.30	135.20	24.70	107.10	61.20	71.90	119.80	45.40	107.90	<b>1067.40</b>	
2002	19.60	11.90	92.80	152.70	81.10	55.10	100.10	37.20	13.80	74.50	66.70	56.10	<b>761.60</b>	
2003	105.60	43.50	99.30	74.30	116.50	71.60	36.50	54.40	158.20	58.00	196.60	132.40	<b>1146.90</b>	
2004	10.00	26.00	66.60	89.70	129.10	107.10	25.00	96.40	90.10	120.90	90.70	175.40	<b>1027.00</b>	
2005	96.50	124.90	40.70	213.50	46.30	58.90	42.30	24.90	26.10	92.60	231.70	81.70	<b>1080.10</b>	
2006	93.80	66.10	83.30	69.10	48.90	60.00	130.40	39.00	33.60	116.70	179.30	42.70	<b>962.90</b>	
2007	50.50	16.90	156.50	60.80	171.80	58.20	20.90	36.10	105.40	84.60	196.50	102.50	<b>1060.70</b>	
2008	42.70	285.00	89.00	133.90	20.10	64.50	43.00	43.80	89.90	39.40	131.20	42.10	<b>1024.60</b>	
2009	161.70	67.50	96.20	320.10	42.80	38.70	23.90	80.30	141.60	29.60	90.90	3.80	<b>1097.10</b>	
2010	32.30	83.20	117.20	95.40	144.50	60.30	8.30	60.00	58.60	52.80	141.40	94.00	<b>948.00</b>	
2011	55.90	22.20	168.60	152.10	114.90	80.20	21.40	22.70	115.60	109.40	102.60	155.60	<b>1121.20</b>	
2012	75.10	72.70	157.60	204.50	35.50	136.80	24.80	7.50	69.90	184.10	78.20	138.70	<b>1185.40</b>	
2013	83.50	95.60	123.60	36.10	69.60	89.50	17.50	107.50	35.10	45.30	204.80	68.70	<b>976.80</b>	
2014	67.00	49.40	132.60	127.00	119.10	104.30	48.00	193.60	142.50	241.60	62.30	53.60	<b>1341.00</b>	
2015	148.50	206.00	220.60	254.80	97.70	111.20	97.10	107.60	55.00	60.10	112.30	99.00	<b>1569.90</b>	
2016	31.40	106.10	180.40	183.50	135.10	47.60	74.40	82.00	57.60	34.50	37.60	70.00	<b>1040.20</b>	
2017	177.80	120.70	201.40	115.50	107.90	50.30	63.90	138.10	187.20	79.60	135.70	102.50	<b>1480.60</b>	
2018	147.90	173.80	129.20	175.00	41.70	33.80	32.40	58.50	81.30	168.10	37.30	36.40	<b>1115.40</b>	
2019	79.20	111.50	88.40	78.70	88.00	72.50	111.90	82.70	87.70	92.90	210.30	41.00	<b>1144.80</b>	
2020	101.70	58.60	166.10	100.80	109.20	14.80	71.50	70.65	69.80	128.60	150.00	77.50	<b>1119.25</b>	
<b>Promedio</b>	<b>82.45</b>	<b>91.20</b>	<b>122.29</b>	<b>140.29</b>	<b>89.98</b>	<b>65.13</b>	<b>55.43</b>	<b>70.55</b>	<b>86.64</b>	<b>94.96</b>	<b>121.35</b>	<b>84.60</b>	<b>1104.86</b>	
<b>Máxima</b>	<b>177.8</b>	<b>285</b>	<b>220.6</b>	<b>320.1</b>	<b>171.8</b>	<b>136.8</b>	<b>130.4</b>	<b>193.6</b>	<b>187.2</b>	<b>241.6</b>	<b>231.7</b>	<b>175.4</b>		
<b>Minima</b>	<b>10.00</b>	<b>11.90</b>	<b>40.70</b>	<b>36.10</b>	<b>20.10</b>	<b>14.80</b>	<b>8.30</b>	<b>7.50</b>	<b>13.80</b>	<b>29.60</b>	<b>37.30</b>	<b>3.80</b>		
<b>Desv. Estandar</b>	<b>49.33</b>	<b>59.48</b>	<b>39.91</b>	<b>55.60</b>	<b>34.25</b>	<b>39.75</b>	<b>31.73</b>	<b>56.94</b>	<b>44.26</b>	<b>65.78</b>	<b>56.73</b>	<b>41.72</b>		
<b>Coef. Variabilidad</b>	<b>0.60</b>	<b>0.65</b>	<b>0.33</b>	<b>0.40</b>	<b>0.38</b>	<b>0.61</b>	<b>0.57</b>	<b>0.81</b>	<b>0.51</b>	<b>0.69</b>	<b>0.47</b>	<b>0.49</b>		



Fuente: (SENAMHI, 2020) &amp; (Delgado Alva, 2018), Datos Hidrometeorológicos, adaptado por los autores, (2022)

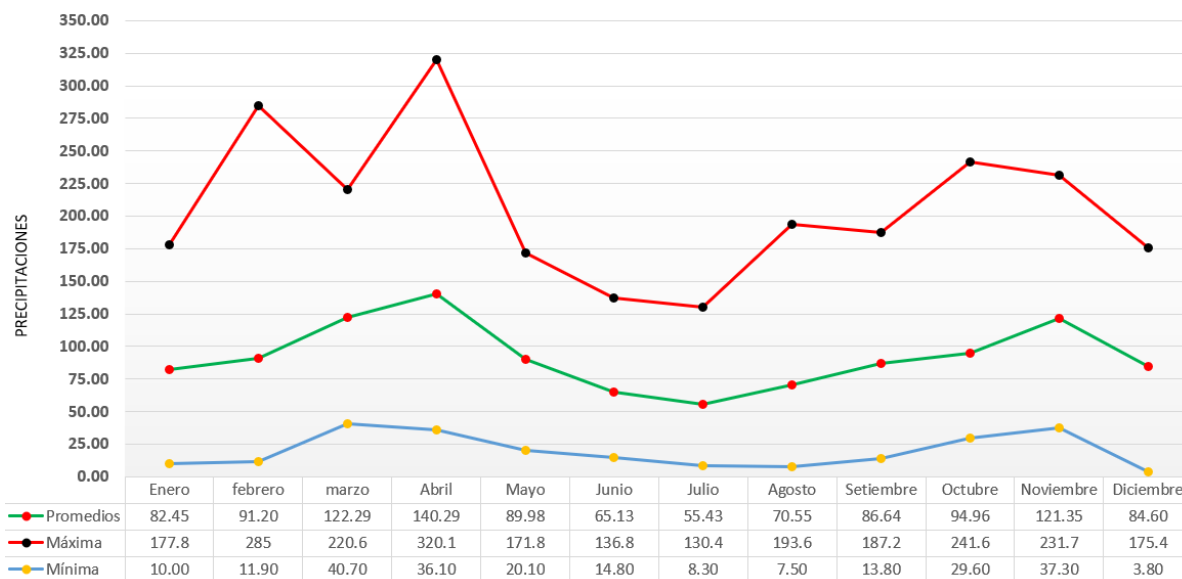


Figura 10. Diagrama de promedios, máximas y mínimas precipitaciones mensuales entre el año 2000 al 2020.

Fuente: (SENAMHI, 2020) & (Delgado Alva, 2018), adaptado por los autores, (2022).

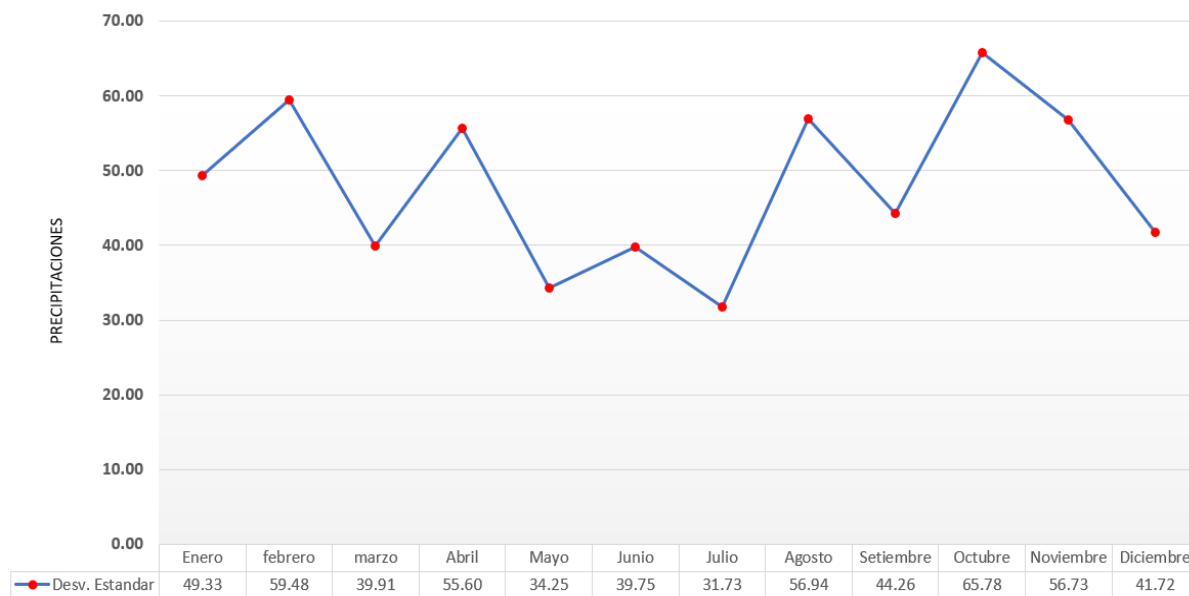


Figura 11. Diagrama de la Desviación Estándar de las precipitaciones mensuales entre el año 2000 al 2020.

Fuente: (SENAMHI, 2020) & (Delgado Alva, 2018), adaptado por los autores, (2022).

### 3.3 Procedimientos de la investigación

#### 3.3.1 Objetivo específico 1: Identificar y caracterizar físicamente mediante ensayos de campo y laboratorio a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

**Actividad 1:** El Reconocimiento en campo, se realiza mediante la observación In-Situ del lugar de estudio, se realiza el recorrido de todo el tramo de la carretera con el fin de ubicar

los lugares adecuados entorno a la geografía del terreno, luego se establece con un GPS la ubicación de las 15 calicatas en el sistema de coordenadas UTM. La investigación se encuentra ubicado en la zona sur cuadrángulo 18 del sistema de coordenada, los datos se presentan en la Tabla 11 y se detallan en los planos del Anexo 7.

Tabla 11.

*Ubicación de las calicatas*

Calicata	Progresiva (Km)	Coordenadas	
		Norte	Este
<b>C-01</b>	0+000.00	9252259	357216
<b>C-02</b>	0+147.70	9252219	357358
<b>C-03</b>	0+429.16	9252129	357632
<b>C-04</b>	0+647.78	9251904	357658
<b>C-05</b>	0+867.02	9251762	357488
<b>C-06</b>	1+152.34	9251519	357618
<b>C-07</b>	1+370.00	9251425	357810
<b>C-08</b>	1+552.30	9251441	357989
<b>C-09</b>	1+774.69	9251370	358190
<b>C-10</b>	2+065.03	9251223	358436
<b>C-11</b>	2+640.00	9251037	358896
<b>C-12</b>	2+958.27	9250928	358595
<b>C-13</b>	3+244.43	9250819	358330
<b>C-14</b>	3+500.53	9250755	358081
<b>C-15</b>	3+944.38	9250860	357732

Fuente: Desarrollado por los autores, (2022)

**Actividad 2:** El muestreo de suelos y rocas se realizan siguiendo las indicaciones de la norma "ASTM D 420 y MTC E 101". El equipo y materiales requeridos depende del espécimen del material representativo, características del terreno, y para la investigación en el laboratorio. Entre ellos se utiliza el Barreno, excavadoras y palas para profundidades hasta 1.5 m, usando materiales apropiados para la toma de muestras, de vidrio, metal o plástico, además bolsas libres de material contaminante, y accesorios complementarios como GPS, (MTC, 2016).

El procedimiento se realizó tomando las precauciones de seguridad necesarias. Con el uso de un registro de excavación se identificó las características de color, textura y profundidad de cada muestra. Se observa que los suelos se caracterizan por su color marrón rojizo y

textura dura como se describe en la Tabla 12 y se detallan en las fotos del Anexo 6. Para el traslado de la muestra se identifica mediante un código designado por los investigadores y se guarda en un recipiente hermético para conservar su humedad natural, seguidamente fueron enviados al laboratorio para los ensayos.

Tabla 12.

*Características in-situ del muestreo de suelos*

CALICATA	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD	CARACTERÍSTICAS IN-SITU	
			COLOR	TEXTURA
C-01	0+000.00	0.55	marrón grisáceo	arenosa
		0.95	marrón grisáceo oscuro	arenosa
		1.50	marrón rojizo	dura
C-02	0+147.70	0.50	marrón grisáceo claro	arenosa
		0.90	marrón grisáceo oscuro	arenosa
		1.50	marrón rojizo	dura
C-03	0+429.16	0.43	marrón rojizo	dura
		1.50	marrón rojizo oscuro	dura
C-04	0+647.78	0.40	marrón rojizo	dura
		1.50	marrón rojizo oscuro	dura
C-05	0+867.02	0.15	marrón rojizo	semi dura
		0.60	marrón rojizo	semi dura
		1.50	marrón rojizo	dura
C-06	1+152.34	0.20	marrón rojizo	semi dura
		0.70	marrón rojizo	semi dura
		1.50	marrón rojizo	dura
C-07	1+370.00	0.50	marrón rojizo oscuro	dura
		1.00	marrón rojizo	dura
		1.50	marrón rojizo claro	dura
C-08	1+152.30	0.40	marrón rojizo oscuro	dura
		0.95	marrón rojizo	dura
		1.50	marrón rojizo claro	dura
C-09	1+774.69	0.25	marrón oscuro	dura
		1.50	marrón grisáceo claro	dura
C-10	2+065.03	0.30	marrón oscuro	dura

		1.50	marrón grisáceo claro	dura
<b>C-11</b>	2+640.00	0.40	marrón oscuro	dura
		1.00	marrón claro	dura
		1.50	marrón grisáceo claro	dura
<b>C-12</b>	2+958.27	0.30	marrón oscuro	dura
		1.00	marrón claro	dura
		1.50	marrón grisáceo claro	dura
<b>C-13</b>	3+244.43	0.60	marrón oscuro	dura
		1.50	marrón claro	dura
<b>C-14</b>	3+500.53	0.60	marrón grisáceo claro	dura
		1.50	marrón claro	dura
<b>C-15</b>	3+944.38	0.65	marrón oscuro	dura
		1.50	marrón claro	dura

---

Fuente: Desarrollado por los autores, (2022)

**Actividad 3:** Para calcular el contenido de humedad del suelo, se realizó siguiendo las indicaciones de las normas ASTM 2216 y N.T.P. 339.127. Los equipos y materiales utilizados entre otros tenemos el Horno de secado, (MTC, 2016).

Para el procedimiento se utilizó 100 gramos de muestra para las partículas que pasan la malla N° 4, después se registró el peso de un recipiente, luego se registró el peso de la muestra húmeda más el recipiente, se enumeró a los recipientes y se colocó a secar durante un día, pasado el tiempo de secado se removió el contenedor y se ubicó en un desecador para el enfriamiento del material hasta la temperatura ambiente. Finalmente se pesó el recipiente con el material seco, para su cálculo se utilizó la ecuación 2.1, (MTC, 2016). Los resultados varían entre el máximo 27.02 % y mínimo de 5.78 % de “contenido de humedad”, los detalles se muestran en la Tabla 17 de resultados.

**Actividad 4:** Para determinar el análisis granulométrico de los suelos, se realizó siguiendo las indicaciones de las normas ASTM D - 422 y N.T.P. 400.012. Los equipos y materiales utilizados fueron una balanza, juego de tamices, un tamizador mecánico, envases, cepillos y brocha, (MTC, 2016).

El procedimiento se inició con el cuarteo de la muestra en una bandeja galvanizada, para luego lavarlo en el tamiz N° 200, este material se recogió en un recipiente para luego secarlo durante 24 horas, utilizando 500 g de suelo seco. Con la muestra ya preparada se realizó el tamizado mecánico con la configuración de tamices ordenados desde la el tamiz N° 4, N° 8, N° 10, N° 16, N° 20, N° 30, N° 40, N° 50, N° 60, N° 80, N° 100, N° 200

respectivamente. El tamizado mecánico se realizó en 10 minutos en movimiento constante, después se procedió a retirar del tamizador y cuidadosamente se desarmo la torre, después registramos el peso de cada fracción retenido en cada tamiz. Finalmente calculamos con la ecuación 2.5 y 2.6, (MTC, 2016). Los resultados se enseñan con mejor detalle en la Tabla 13 y el resumen en la Tabla 17 de resultados.

Tabla 13.

*Resultados del análisis granulométrico de los suelos*

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva (km)</b>	<b>Estrato</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>%Pasa (N° 4)</b>	<b>%Pasa (N° 10)</b>	<b>%Pasa (N° 40)</b>	<b>%Pasa (N° 200)</b>
<b>C-01</b>	0+000.00	M-1	0.55	100.00	99.82	98.05	81.05
		M-2	0.95	100.00	99.72	97.69	91.10
		M-3	1.50	100.00	100.00	99.87	81.40
<b>C-02</b>	0+147.70	M-1	0.50	100.00	99.80	98.04	81.03
		M-2	0.90	100.00	99.71	97.70	91.11
		M-3	1.50	100.00	100.00	99.88	81.40
<b>C-03</b>	0+429.16	M-1	0.43	99.97	99.47	98.14	95.49
		M-2	1.50	98.89	92.71	75.48	57.87
<b>C-04</b>	0+647.78	M-1	0.40	99.98	99.48	98.17	95.49
		M-2	1.50	98.89	92.72	75.42	57.87
<b>C-05</b>	0+867.02	M-1	0.15	98.21	97.43	95.98	87.58
		M-2	0.60	96.70	84.36	60.27	51.18
		M-3	1.50	96.44	84.44	61.78	52.43
<b>C-06</b>	1+152.34	M-1	0.20	98.21	97.35	95.92	87.57
		M-2	0.70	97.90	86.70	60.13	51.34
		M-3	1.50	96.43	84.43	61.78	52.43
<b>C-07</b>	1+370.00	M-1	0.50	100.00	99.48	97.50	75.47
		M-2	1.00	100.00	99.77	98.32	74.98
		M-3	1.50	95.44	88.82	76.17	56.40
<b>C-08</b>	1+152.30	M-1	0.40	100.00	99.49	97.50	75.48
		M-2	0.95	100.00	99.79	98.31	74.98
		M-3	1.50	95.45	88.83	76.17	56.40
<b>C-09</b>	1+774.69	M-1	0.25	80.60	79.90	73.64	27.00
		M-2	1.50	92.44	88.29	81.58	63.98

<b>C-10</b>	2+065.03	M-1	0.30	80.70	80.00	73.70	27.00
		M-2	1.50	92.47	88.32	81.62	63.98
<b>C-11</b>	2+640.00	M-1	0.40	99.46	98.13	95.37	77.16
		M-2	1.00	99.84	99.38	98.17	87.24
		M-3	1.50	96.51	89.03	85.81	74.85
<b>C-12</b>	2+958.27	M-1	0.30	99.45	98.12	95.38	77.17
		M-2	1.00	99.83	99.38	98.16	87.24
		M-3	1.50	96.50	89.02	85.79	74.85
<b>C-13</b>	3+244.43	M-1	0.60	100.00	99.63	98.19	90.43
		M-2	1.50	100.00	99.84	98.42	83.53
<b>C-14</b>	3+500.53	M-1	0.60	100.00	99.64	98.20	90.43
		M-2	1.50	100.00	99.83	98.44	83.53
<b>C-15</b>	3+944.38	M-1	0.65	99.11	97.53	92.44	60.76
		M-2	1.50	98.45	97.37	93.90	67.34

---

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022

**Actividad 5:** Para determinar los límites de atterberg, se comenzó con el límite líquido de los suelos mediante el método del multipunto. Se realizó siguiendo las indicaciones de las normas ASTM D 4318 y la N.T.P. 339.129, (MTC, 2016).

Iniciamos con una muestra representativa que pasa el tamiz N.º 40, se mezcló las muestras en el recipiente utilizando una espátula y obtuvimos una fracción de la masa preparada, una porción se colocó en la copa de Casagrande, en el punto en que la copa de Casagrande reposa sobre su base, presionándola y esparciéndola hasta una altura promedio de 10 mm en su punto más profundo, donde se formó un área horizontal.

Utilizando el acanalador, se partió la muestra, formando una ranura siguiendo una línea que una el punto superior y el inferior sobre la orilla de la copa, seguidamente se levantó y soltó la copa de Casagrande rodando el manubrio a una velocidad de dos golpes por segundo hasta cerrar la ranura en una longitud de 13 mm. Registrando el número de golpes, después se sacó una porción de suelo de extremo a extremo en ángulo recto a la ranura, seguidamente se puso en un recipiente con peso conocido y se colocó al horno durante 24 horas, se realizó tres veces el mismo procedimiento, (MTC, 2016).

Se calculó mediante un gráfico semilogarítmico y los resultados se representaron en números enteros con un máximo de 48% y un mínimo de 23%, (MTC, 2016).

Luego determinamos el límite plástico, siguiendo las indicaciones de las normas ASTM

4318 y la NTP. 339.129, utilizando la placa vidrio grueso esmerilado (MTC, 2016).

El procedimiento se realizó siguiendo las normas y se rodó empleado los dedos con mucho cuidado en una superficie lisa, creando cilindros de 3.2 mm. En algunos casos el cilindro se desmoronó antes de llegar al diámetro necesario y se repitió el proceso hasta conseguirlo, luego se introdujo en un recipiente el cual se pesó y se puso a secar durante 24 horas, finalmente se volvió a pesar la muestra seca y se calculó utilizando la ecuación 2.10, (MTC, 2016). En el límite plástico se presentó un máximo de 28% y mínimo de 19%. Los resultados de los límites de atterberg se muestran en la Tabla 17 de resultados.

**Actividad 6:** La clasificación de suelos se realizó utilizando los datos adquiridos de los ensayos de plasticidad y granulometría. Se analizó mediante el sistema de clasificación unificado de suelos, para este método utilizamos la carta de plasticidad y se identificó el tipo de suelo, según la simbología del sistema unificado que se muestran en el capítulo 2.2.4. Luego se clasificó mediante el sistema de clasificación AASHTO, que utiliza el tamaño de las partículas y el índice de plasticidad para clasificar a los suelos e identificarlos según la simbología de los grupos que se muestra el capítulo 2.2.4 Clasificación de Suelos, (MTC, 2016). Todos los valores se registraron en la Tabla 17 de resultados.

**Actividad 7:** El peso específico relativo de los sólidos se determinaron en las calicatas C-03, C-05, C-11 Y C-15, lo cual representan según la clasificación de suelos los diferentes tipos que se encontraron en la zona de estudio. Se determinó la gravedad específica siguiendo las indicaciones de las normas ASTM D-854 y NTP 339.131, para lo cual se utilizó un picnómetro con una capacidad de 250 ml, (MTC, 2016).

El procedimiento se realizó con una muestra seca de 100 gramos, conociendo el peso del picnómetro seco y limpio se llenó con agua destilada hasta por debajo de la marca de medición y se registró la temperatura. Después se añadió agua hasta un tercio y agitamos hasta formar una mezcla homogénea. Desaireando la mezcla con una bomba de vacío, medimos y registramos el peso del conjunto (picnómetro, suelo y agua). Finalmente se calcula utilizando la ecuación 2.2; 2.3 y 2.4, (MTC, 2016).

Obteniéndose como resultado máximo 2.64, se detalla los resultados en la Tabla 17 de resultados.

**Actividad 8:** Para determinar la densidad seca in-situ de un suelo, se realizó siguiendo el método del cono de arena, según las indicaciones de las normas ASTM D-1556 y NTP 339.143. El equipo empleado, es el aparato de densidad de cono de arena y como material la arena preparada con sus características, (MTC, 2016).

El procedimiento se realizó seleccionando las calicatas correspondientes, preparamos la

superficie, nivelándolo y colocamos el plato de la base sobre el terreno, asegurándolo contra cualquier movimiento que podría causar la interrupción del ensayo mediante clavos empotrados dentro del suelo en el perímetro de la placa, se excavo el hoyo con mucha precaución para evitar que se dañe la superficie, determinamos la masa de la arena preparada previo al proceso de la prueba. Se colocó el equipo sobre la placa, llenando el espacio con la arena, posteriormente de que se completó esta actividad, se limpió con cuidado.

Colocamos todo el suelo excavado en un recipiente cerrado y registramos su peso, finalmente se registró el peso del aparato con la arena restante. Para el cálculo se utilizó la ecuación 2.7; 2.8 y 2.9, (MTC, 2016). La máxima densidad seca que se obtuvo fue 1.81 g/cm<sup>3</sup>. Los resultados se observan en la Tabla 17.

### **3.3.2 Objetivo específico 2: Determinar la característica química mediante los ensayos de laboratorio a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.**

**Actividad 1:** Para determinar la salinidad de los suelos se desarrolló mediante el ensayo de conductividad eléctrica. Los ensayos fueron desarrollados en el laboratorio de la FCA de la UNSM. Según el MPASyA y mencionado por (Bazán Tapia, 2017), el equipo utilizado es el conductímetro eléctrico.

El procedimiento se realizó para la mezcla suelo-agua, llenando la celda de conductividad con dicha muestra, leemos la medición del conductímetro con la corrección a 25 °C. Para la suspensión suelo-agua, se pesó 20 g de suelo, transfiriendo a un vaso de precipitado de 100 ml y se adicionó 40 ml de agua destilada, batiendo intermitentemente por media hora, finalmente se lee la CE directamente usando la celda de conductividad y el conductímetro, corregida a 25 °C, (Bazán Tapia, 2017).

Los resultados fueron clasificados según la Tabla 5. Todos los valores se registraron en los formatos de laboratorio y se presentan en la Tabla 18 de resultados.

### **3.3.3 Objetivo específico 3: Evaluar el grado de dispersividad mediante los métodos de Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole a los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.**

**Actividad 1:** Se determinó el ensayo de Crumb según la norma ASTM D 6572-06 y USBR (5400-89). Se utilizó una espátula, vidrio grueso esmerilado, agua destilada, vaso de precipitado de 250 ml, pirómetro, cinta masking tape y plumón.

Para su procedimiento se preparó una muestra de ensayo comprimiendo ligeramente una

muestra de suelo húmedo en un cubo de 15 mm de arista. Dejamos secar los cubos en el aire libre durante 24 horas, después se colocó con cuidado la muestra en el agua del recipiente con 250 ml, seguidamente se anotó y registró el tiempo de colocación de la muestra con la ayuda de un cronómetro. Se observó que durante un tiempo determinado algunas muestras tuvieron tendencia deflocularse y entrar en suspensión, estos resultados fueron clasificados según los grados de turbidez descritos en el capítulo 2.2.8, (Abad Guarnizo, 2018).

Los resultados varían de una reacción ligera a ninguna reacción, lo cual se muestra en las Tablas 14 y 19.

Tabla 14.

*Resultados del ensayo de Crumb*

Calicata	Profundidad (m)	Tipo de suelo	Temperatura (°C)	Resultado	Interpretación
C-03	1.50	ML	28.50	Grado 2	“Reacción Ligera”
C-05	1.50	ML	28.50	Grado 2	“Reacción Ligera”
C-11	1.50	CL	28.50	Grado 1	“Ninguna Reacción”
C-15	1.50	CL	28.50	Grado 2	“Reacción Ligera”

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022

**Actividad 2:** El ensayo del Doble Hidrómetro se determinó siguiendo la norma ASTM-D4221 y USBR (5405-89). Con los siguientes materiales y equipos: Agitador mecánico, probetas de vidrio, agua y dispersante químico, (hexametáfosfato de sodio). Este ensayo se aplica en suelos cuyo IP es mayor a 4 y que se encuentre sobre la línea “A” de la carta de plasticidad, (ASTM-D4318 y D-2487).

Para su procedimiento lo ejecutamos mediante dos ensayos con y sin dispersante, donde la muestra con el dispersante se realizó con agitación mecánica. Para el cálculo, se presentaron dos curvas granulométricas, (ver Figura 5) con dispersante (B) y no dispersante (A), el porcentaje se calculó con la fórmula 2.11. Se ubicó el porcentaje acumulado para partículas de 0.002 mm (Garay Porteros & Alva Hurtado, 1999).

Los Criterios para interpretar los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, ubicados en el subcapítulo 2.2.8 Identificación de suelos dispersivos, además se determina la actividad de la Arcilla según la fórmula 2.12 y la Tabla 2.

Los resultados varían de dispersión media a no dispersivo, lo cual se detallan en la Tabla 15 y en la Tabla 19 de resultados.

Tabla 15.

Resultados del Ensayo de Doble Hidrómetro

Calicata	Tipo de suelo	Sin dispersante		con dispersante		$\frac{A}{B} \times 100$	Dispersión
		Diámetro (mm)	Porcentaje (%)	Diámetro (mm)	Porcentaje (%)		
C-03	ML	0.002	7.40	0.002	11.10	66.67	ND
C-05	ML	0.002	5.20	0.002	10.60	49.06	ND
C-11	CL	0.002	4.00	0.002	8.30	48.30	Intermedio
C-15	CL	0.002	3.70	0.002	13.30	27.80	No dispersivo

Fuente: Ensayos de Dispersión, método Doble Hidrómetro (ASTM-D4221), desarrollado por los autores, 2022

**Actividad 3:** Para los ensayos de Pinhole fueron desarrollados en el laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI. El ensayo Pinhole solo es aplicable a muestras cuyo IP es mayor a 4 y que se encuentre sobre la línea "A" de la carta de plasticidad (ASTM-D4318 y D-2487).

Para este ensayo se realizó basándonos en la norma ASTM D4647, los equipos utilizados fueron el aparato Pinhole, un tanque de cabeza constante, mallas de alambre con aberturas de 2mm, una aguja perforadora de 1mm de diámetro y longitud de 5 cm, panel en acrílico con cuadrícula y tubo capilar, un equipo de compactación, un cronómetro, una guía centradora, una base en acrílico, una llave inglesa y un destornillador.

El procedimiento se realizó con el material que pasa el tamiz #10, con el material se realizó la compactación a 4% de su humedad óptima, agregando agua o sometiendo a secado, pesamos el cilindro de acrílico sin muestra, después se sitúa el falso fondo y el cilindro de acrílico en la base del equipo de compactación, se colocó el anillo de extensión y se procedió a compactar el material aplicando 3 capas, proporcionando 12 golpes para cada una de ellas. Con una espátula metálica se enrazó el material y se pesó el cilindro de acrílico con la muestra, conociendo el peso del cilindro se pueden hallar el peso de la muestra, aplicando presión con los dedos, se introdujo el cono de acrílico en la muestra y se perforó el agujero.

Seguidamente se colocó dos mallas a cada lado de la muestra, con el material grueso y posteriormente otra malla a cada lado del cilindro, se fijó entre las dos tapas de aluminio del aparato de Pinhole, se monta el aparato en los cilindros que se conecta a la entrada de agua, variamos la altura del tanque de agua de 50 mm, se ubicó la probeta de vidrio de 50 ml en el orificio de salida del aparato Pinhole, con el fin de recoger el líquido efluente y se procedió a realizar las pruebas. Se abrió la válvula de entrada y se purga, después se tomó

un volumen de agua (50ml) en un determinado tiempo y se observó el color del agua, dependiendo del resultado, se repitió el procedimiento para alturas de 180mm, 380mm y 1020mm. Al finalizar el ensayo se retiró la muestra y se cortó longitudinalmente para medir el tamaño final del agujero, (Idárraga Sierra & Jiménez Neira, 2014).

El esquema del equipo de Pinhole se muestra en la Figura 6, y los resultados se interpretan en las Tabla 3 y 4, ubicados en el subcapítulo 2.2.8 Identificación de suelos dispersivos. Los resultados indican que los suelos son no dispersivos que se observan en las Tabla 16 y 19.

Tabla 16.

*Resultados del Ensayo de Pinhole*

Calicata	Clasificación de suelo	Agujero horizontal (mm)		Color del efluente	Grado de dispersión	Interpretación
		Inicio	Final			
<b>C-03</b>	ML	1.00	6.00	Oscuro	ND	ND
<b>C-05</b>	ML	1.00	2.00	Ligeramente Oscuro	ND	ND
<b>C-11</b>	CL	1.00	1.00	Apenas visible	ND2	no dispersivo
<b>C-15</b>	CL	1.00	1.00	Apenas visible	ND2	no dispersivo

Fuente: Ensayos de Dispersión, Método Pinhole (ASTM-D4647), desarrollado por los autores, 2022

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del objetivo específico 1:

**Descripción.** Se Identificó y caracterizó físicamente mediante ensayos de campo y laboratorio a los suelos del tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana. A continuación, presentamos el resumen de los resultados.

Tabla 17.

*Resultados de los ensayos de características físicas de los suelos*

N°	COD.	ALTURA (m)	COORDENADAS		W %	GRANULOMETRÍA (% PASA)		LÍMITES DE ATTERBERG				DSM (g/cm <sup>3</sup> )	S <sub>s</sub>	TIPO DE SUELOS	
			NORTE	ESTE		TAMIZ "N° 4"	TAMIZ "N° 200"	LL (%)	LP (%)	IP	kw			SUCS	AASHTO
<b>C-01</b>	M-1	0.55			10.92	100.00%	81.05%	31	26	5	-	1.810	-	ML	A-4 (3)
	M-2	0.95	9252259	357216	11.91	100.00%	91.10%	32	28	4	-	1.810	-	ML	A-4 (5)
	M-3	1.50			8.87	100.00%	81.40%	23	20	3	-	1.810	-	ML	A-4 (0)
<b>C-02</b>	M-1	0.50			10.56	100.00%	81.03%	31	26	5	-	1.807	-	ML	A-4 (3)
	M-2	0.90	9252219	357358	11.64	100.00%	91.11%	32	27	5	-	1.807	-	ML	A-4 (5)
	M-3	1.50			8.52	100.00%	81.40%	23	20	3	-	1.807	-	ML	A-4 (0)
<b>C-03</b>	M-1	0.43	9252129	357632	22.87	99.97%	95.49%	48	23	25	1	1.813	-	CL	A-7-6 (20)
	M-2	1.50			21.88	98.89%	57.87%	25	24	1	-	1.813	2.395	ML	A-4 (0)
<b>C-04</b>	M-1	0.40	9251904	357658	22.23	99.98%	95.49%	48	23	25	1	1.813	-	CL	A-7-6 (20)
	M-2	1.50			21.88	98.89%	57.87%	23	NP	NP	-	1.813	-	ML	A-4 (0)

	M-1	0.15			9.81	98.21%	87.58%	24	21	3	-	1.805	-	ML	A-4 (1)
<b>C-05</b>	M-2	0.60	9251762	357488	12.63	96.70%	51.18%	25	22	3	-	1.805	-	ML	A-4 (0)
	M-3	1.50			12.93	96.44%	52.43%	27	22	5	-	1.805	2.640	ML	A-4 (0)
	M-1	0.20			9.69	98.21%	87.57%	24	21	3	-	1.807	-	ML	A-4 (1)
<b>C-06</b>	M-2	0.70	9251519	357618	12.64	97.90%	51.34%	25	22	3	-	1.807	-	ML	A-4 (0)
	M-3	1.50			12.96	96.43%	52.43%	27	23	4	-	1.807	-	ML	A-4 (0)
	M-1	0.50			7.19	100.00%	75.47%	28	22	6	-	1.800	-	CL-ML	A-4 (3)
<b>C-07</b>	M-2	1.00	9251425	357810	6.67	100.00%	74.98%	24	19	5	4	1.800	-	CL-ML	A-4 (2)
	M-3	1.50			5.78	95.44%	56.40%	24	20	4	4	1.800	-	CL-ML	A-4 (0)
	M-1	0.40			7.13	100.00%	75.48%	28	22	6	-	1.801	-	CL-ML	A-4 (3)
<b>C-08</b>	M-2	0.95	9251441	357989	6.72	100.00%	74.98%	24	19	5	4	1.801	-	CL-ML	A-4 (2)
	M-3	1.50			5.78	95.45%	56.40%	24	20	4	4	1.801	-	CL-ML	A-4 (0)
<b>C-09</b>	M-1	0.25	9251370	358190	27.02	80.60%	27.00%	27	25	2	-	1.814	-	SM	A-2-4 (0)
	M-2	1.50			18.49	92.44%	63.98%	25	22	3	-	1.814	-	ML	A-4 (0)
<b>C-10</b>	M-1	0.30	9251223	358436	24.39	80.70%	27.00%	27	25	2	-	1.808	-	SM	A-2-4 (0)
	M-2	1.50			18.44	92.47%	63.98%	25	22	3	-	1.808	-	ML	A-4 (0)
	M-1	0.40			7.74	99.46%	77.16%	29	22	7	3	1.801	-	CL-ML	A-4 (4)
<b>C-11</b>	M-2	1.00	9251037	358896	14.40	99.84%	87.24%	30	20	10	2	1.801	-	CL	A-4 (8)
	M-3	1.50			15.13	96.51%	74.85%	37	24	13	2	1.801	2.645	CL	A-6 (9)
	M-1	0.30			7.75	99.45%	77.17%	29	22	7	3	1.804	-	CL-ML	A-4 (4)
<b>C-12</b>	M-2	1.00	9250928	358595	14.51	99.83%	87.24%	30	20	10	2	1.804	-	CL	A-4 (8)
	M-3	1.50			15.13	96.50%	74.85%	37	24	13	2	1.804	-	CL	A-6 (9)
<b>C-13</b>	M-1	0.60	9250819	358330	20.87	100.00%	90.43%	44	28	16	-	1.809	-	ML	A-7-6 (17)
	M-2	1.50			17.91	100.00%	83.53%	36	20	16	1	1.809	-	CL	A-6 (13)

<b>C-14</b>	M-1	0.60	9250755	358081	20.68	100.00%	90.43%	44	28	16	-	1.806	-	ML	A-7-6 (17)
	M-2	1.50			17.55	100.00%	83.53%	36	20	16	1	1.806	-	CL	A-6 (13)
<b>C-15</b>	M-1	0.65	9250860	357732	16.45	99.11%	60.76%	24	20	4	2	1.810	-	CL-ML	A-4 (0)
	M-2	1.50			21.21	98.45%	67.34%	31	21	10	1	1.810	2.625	CL	A-4 (5)

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022

**Discusión.** En la investigación al identificar las características físicas de los suelos del tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana mediante los ensayos de campo y laboratorio, se encontró que, de los suelos en las calicatas con su índice de plasticidad y su granulometría, se clasificó a los suelos como limosos (ML), arcillosos de baja plasticidad de consistencia rígida (CL) y en poca proporción arena limosa con grava (SM), además de su máximo contenido de humedad (27.02 %) y densidad seca (1.81 g/cm<sup>3</sup>). Esto nos indica que los suelos predominantes son los limosos de baja plasticidad de consistencia rígida, que contienen cierta cantidad de arcillas, además se observa que su alto contenido de humedad tiende a reducir su densidad seca. Estos resultados se relacionan con Rosales Asto (2021), quien en su investigación concluye que la tubificación ocurre en suelos sin cohesión (arena limosa) o de baja plasticidad y en los suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 15 %". Así también Kelly M. Saucedo (2021), en su trabajo de investigación en los suelos de la localidad de Pilluana, ha concluido que "son medianamente dispersivos, con densidad seca de 1.87 gr/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad de 12%, lo cual se verifica la relación de los resultados de nuestra investigación con los antecedentes descritos.

## 4.2 Resultados del objetivo específico 2:

**Descripción.** Se determinó la característica química mediante los ensayos de laboratorio a los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, obteniendo como resultados los datos presentados en la siguiente tabla.

Tabla 18.

*Resultado de los valores de Intensidad de salinidad en el suelo*

Calicata	Profundidad (m)	Clasificación De Suelo	C.E. (uS/cm)	Intensidad de Salinidad
C-03	1.50	ML	5370.00	Con presencia de Sales
C-05	1.50	ML	4210.00	Con presencia de Sales
C-11	1.50	CL	4000.00	Con presencia de Sales
C-15	1.50	CL	2240.00	Ligero Problema de Sales

Fuente: Identificación de la salinidad en los suelos de la calicata C-03, C-05, C-11 Y C15, desarrollado por los autores, 2022

**Discusión.** Con el objetivo de determinar el grado de salinidad de los suelos, se realizó la medición de la conductividad eléctrica de las muestras de suelos, teniendo como resultados una máxima (5370 uS/cm) y mínima (2240 uS/cm), estos datos son interpretados como ligero problema y presencia de sales. Esto quiere decir que en los suelos en el tramo de la carretera puerto Sangama hacia el distrito de Pilluana hay presencia de sales, que se puede considerar como factores principales para la defloculación de las arcillas, un claro indicio de suelos dispersivos. En el trabajo de investigación de Iguñiz (2021), menciona que “a partir de las muestras de suelo y agua obtenidas en el campo y después de la química analizada en laboratorio, llegó a la conclusión que la zona de estudio presenta suelos salinos y salino-sódicos, en cuya dispersión se ha determinado en tres de ellos”, según lo mencionada se relaciona que los suelos salinos tienden a dispersarse lo cual justifica los resultados de la presente investigación.

## 4.3 Resultados del objetivo específico 3:

**Descripción.** Se determinó el grado de dispersividad mediante los métodos de Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole a los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, obteniendo como resultados los datos presentados en las siguientes tablas.

Tabla 19.

## Resultados de los Ensayos de Dispersión

Calicata	Clasificación de suelo	Actividad (A)	Mineral	Ensayo de Crumb	Ensayo de Doble Hidrómetro	Ensayo de Pinhole
C-03	ML	ND	ND	Reacción ligera	ND	ND
C-05	ML	ND	ND	Reacción ligera	ND	ND
C-11	CL	1.57	Montmorillonita	Ninguna Reacción	Intermedia Dispersión	No Dispersivo
C-15	CL	0.75	Montmorillonita	Reacción ligera	No dispersivo	No Dispersivo

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022

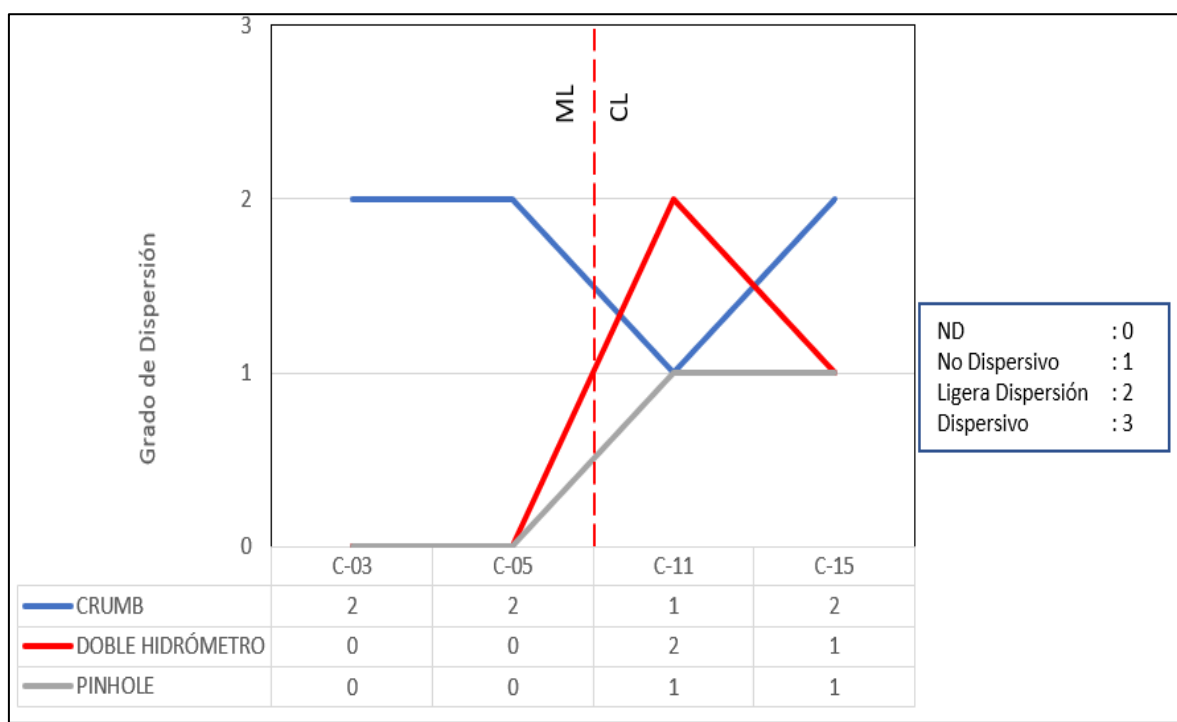


Figura 12. Diagrama de comparación entre los resultados de los ensayos de Dispersión.

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022.

**Discusión.** En la investigación se determinó el grado de dispersión de los suelos en el tramo de la carretera mediante tres ensayos de dispersión que son, el ensayo de Crumb, con resultados de reacción ligera para 3, de las 4 muestras representativas. El ensayo del doble hidrómetro, que nos indica que en la calicata C-11 tiene dispersión intermedia y el ensayo de Pinhole que nos indica que no hay dispersión en ninguna muestra. También se sustenta que las arcillas presentan actividad de minerales tipo Montmorilolnita que son susceptibles al proceso de dispersión. Estos resultados se discuten con Díaz Díaz &

Guerreo Castellanos (2021), quien en su investigación llega a la conclusión que “para obtener la reacción a la dispersividad de un suelo con alta confiabilidad es necesario un set de ensayos cualitativos como Pinhole, Crumb y doble hidrómetro”. Según lo mencionado, el uso de los tres ensayos de dispersión en la investigación es necesarios para obtener el grado de dispersividad de los suelos.

**Contrastación de la hipótesis:**

Las hipótesis planteadas para la investigación eran afirmativa y negativa con la aplicación de la metodología de Crumb, doble Hidrómetro y Pinhole, para la caracterización de los suelos y su eficacia para identificar y determinar el grado de dispersividad de los suelos en estudio. Sin embargo, con los resultados obtenidos, se valida parcialmente la hipótesis negativa, donde los suelos no son dispersivos, porque se observa que los resultados de la Tabla 19 no concuerdan, por lo cual tomamos como referencia los resultados del ensayo Pinhole por ser el más eficaz al modelar las condiciones de los suelos en el tramo de carretera investigada. Por otro lado, se valida la hipótesis positiva, afirmando que los suelos son dispersivos por la existencia de salinidad, que al deflocularse generan dichas características. Por tal motivo se determina una validación intermedia entre las dos hipótesis de la investigación.

## CONCLUSIONES

1. De los ensayos de caracterización física se identifica que los suelos en la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, predominan los limos y arcillas de baja plasticidad de consistencia rígida, estas varían sus propiedades en un rango considerable, dependiendo de su ubicación.
2. Mediante la medición de conductividad eléctrica se determina la característica química del grado de salinidad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, encontrando salinidad en los estratos de los suelos, lo cual está justificado por su cercanía con el domo salino de Pilluana.
3. Con los ensayos de Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole, se evalúa el grado de dispersión de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia el distrito de Pilluana, concluyendo que estos suelos no son dispersivos. Sin embargo, al ser suelos salinos tienen características dispersivas.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de dispersión en toda la cuenca del río Huallaga, para identificar la presencia de los suelos dispersivos.
2. Continuar con los estudios de otros ensayos, como la determinación del pH, para relacionarlo con la dispersividad de los suelos.
3. Facilitar los datos técnicos de la presente investigación como antecedente para futuros proyectos e investigaciones en el Distrito de Pilluana.
4. Tomar acciones preventivas futuras en el tramo de la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, que presentan suelos dispersivos, con el mejoramiento del suelo aplicados en carreteras.
5. Diseñar una adecuada infraestructura de drenaje pluvial en el tramo de la carretera de estudio, para evitar posibles filtraciones y generar fallos por tubificación relacionados por la dispersión de los suelos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad Guarnizo, C. V. (2018). Caracterización del grado de dispersión en arcillas de la zona Sur-Este de la cuenca sedimentaria de Loja, para determinar potencial de generación de procesos de piping: Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA. Loja, Ecuador.
- Acuña Correa, C. P. (2015). Estudio de arcillas dispersivas y sensitivas en la zona del canal San Antonio, Manabí. Sangolquí: Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Manabí, Ecuador.
- Alzate Buitrago, A. (2020). Caracterización Estratigráfica y análisis de las propiedades físicos-mecánicas de los suelos pertenecientes a la zona de expansión urbana variaante la condina del Municipio de Pereira: Artículo Científico, Universidad Libre Seccional Pereira. Pereira, Colombia.
- Bazán Tapia, R. (2017). Manual de Procedimientos de los Análisis de Suelos y Agua con fines de Riego: Artículo Científico, © INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA - INIA. Lima, Perú.
- Camapum, J., Martines Sales, M., Moreira de Souza, N., & Da Silva, M. (2006). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro: Artículo Científico, Editora Finatec. Brasília, Brasil.
- Das, B. M. (2011). Principles of Foundation Engineering (séptima ed.): Artículo Científico, Cengage Learning. Ciudad de Mexico, Mexico.
- Das, Braja M. (2013). Fundamentals of Geotechnical Engineering (Cuarta ed.). (J. León Cárdenas, Trad.): Artículo Científico, Cengage Learning. Ciudad de México, México.
- Delgado Alva, G. (2018). Las Precipitaciones y su relación con el Balance Hídrico Superficial del sistema Hidrológico conformado por la cuenca del río Mishquiyacu, en el distrito de Pilluana, Provincia de Picota-Región San Martín. Tarapoto: Tesis de pregrado, Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología y Innovación de la UNSM. Pilluana, Perú.
- Díaz Díaz, E. Y., & Guerreo Castellanos, S. E. (2021). Evaluación de dispersividad en arcillas caoliníticas mediante la imposición de canales artificiales de tubificación al espécimen: Artículo Científico, Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Piloto de Colombia. Bogotáh , Colombia.
- Duré, L., Santos Bachetto, P., Almada Leguizamon, O., López Santacruz, R., Bittar Marín, E. J., Quiñónez Samaniego, R. A., & Aquino, F. A. (2018). Efecto de la

- temperatura de curado en suelos dispersivos. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica: Artículo Científico, ©ABMS. Salvador de Bahia, Brasil.
- E. Nadal, R., Verachtert, E., Maes, R., & Poesen, J. (2011). Una nueva herramienta para evaluar la susceptibilidad de los suelos a los procesos de sufusión o piping: El pinhole test: Artículo Científico, Universidad de la Rioja. La Rioja, España.
  - Espinosa Rodríguez, M. J. (2021). Determinación de la presencia de suelos dispersivos en la comuna 16 (Belén) de la ciudad de Medellín: Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD EIA. Medellín, Colombia.
  - Garay Porteros, H., & Alva Hurtado, J. (1999). IDENTIFICACIÓN Y ENSAYOS EN SUELOS DISPERSIVOS.: Artículo Científico, CISMID-FIC-UNI.Lima, Perú.
  - García Ruiz, J. (2011). Una Revisión de los Procesos de Sufusión o Piping en España.: Artículo Científico, Universidad de la Rioja. La Rioja, España.
  - González Haramboure, Y. (2018). Seguridad en presas de tierra: experiencia cubana.: Artículo Científico, 1er Congreso Panamericano de Ingeniería Geotécnica, Potosí. La Habana, Cuba.
  - Hanson, B., Grattan, S., & Fulton, A. (2006). Agricultural Salinity and Drainage.: Artículo Científico, University of California Irrigation Program. California, Estados Unidos.
  - Haramboure, I. Y., & Armas Novoa, M. (2008). Identificación y Estabilización de Suelos Dispersivos: Estado del Arte.: Artículo Científico, Facultad de Ingeniería Civil del ISPJAE. La Habana-Cuba.
  - Hossein Vakili, A., Bin Selamat, M., Mohajeri, P., & Moayedi, H. (2018). A critical review on filter design criteria for dispersive base soils: Artículo científico, Universiti Sains Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia.
  - Hoyos, J. G. (2000). Principios Éticos de la Investigación en seres Humanos y en Animales.: Artículo Científico, Universidad del Valle, Valle del Cauca, Colombia.
  - Idárraga Sierra, D. I., & Jiménez Neira, A. (2014). Modelo físico para la obtención de la dispersividad en suelos arcillosos basado en la norma ASTM D4647.: Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia.
  - Iguñiz, C. M. (2021). Evaluación del impacto en la calidad de los suelos de la presencia de las formaciones salinas y su explotación en el entorno de Remolinos.: Tesis de pregrado, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

- Kelly M. Saucedo, R. C. (2021). Comportamiento Mecánico de los Suelos Dispersivos Tropicales, Estabilizados Con Cemento Pórtland, en la Zona Urbana del Distrito de Pilluana, Provincia de Picota y Región San Martín – 2020.: Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú. Tarapoto-Perú.
- Kumar Singh, S., Gupta, M., Prasad Korimilli, E., & Parey, A. (2021). Long-term and durability properties of xanthan gum treated dispersive soils – An eco-friendly material.: Artículo Científico, University Ananthapur. Ananthapur, India.
- Luque Poma, G., & Núñez Juárez, S. (2008). Peligros geológicos y geohidrológicos en el domo de Pilluana, San Martín. Congreso Peruano de Geología.: Artículo Científico, INGEMMET. Lima, Perú.
- Manrique Centeno, J. R. (2021). Determinación de la salinidad de suelos arroceros mediante el uso de sensores remotos en el Cantón Daule-Guayas.: Tesis de pregrado, Universidad Agrária del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
- Moreno, J. M. (2010). El principio de totalidad y sus aplicación: Una notable aportación del P. Fernandex Díaz-Nava en defensa de la persona.: Artículo Científico, Universidad Pontificias Comillas. Madrid-Salamanca.
- MTC. (2014). Manual de carreteras Suelos Geología, Geotécnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos.: Artículo Científico, Ministerio de Trasportes y Comunicaciones. Lima, Perú.
- MTC. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima-Perú.: Artículo Científico, Ministerio de Trasportes y Comunicaciones. Lima, Perú.
- Pacheco Rey, A. M. (2021). Estudio Geotécnico. BOGOTÁ: CONJUNTO RESIDENCIAL ASTURIAS REAL.: Artículo Científico, SQUARE Ingenieros. Bogota, Colombia.
- Parker, C. (1964). Piping, a geomorphic agent in landform development of the drylands. : Artículo Científico, International Association of Scientific Hydrology. California, Estados Unidos.
- Rosales Asto, E. A. (2021). Análisis Experimental del Fenómeno de tubificación en presas de tierra.: Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima , Perú.
- Santamaria Camargo, V. I. (2021). Determinación de la presencia de suelos dispersivos en la comuna 16 (Belén) de la ciudad de Medellín.: Tesis de pregrado, Universidad EIA. Medellin, Colombia.

- Sherard, J., Dunnigan, L., & Decker, R. (1976). "Identification and nature of dispersive soils": Artículo Científico, Universit, Sociedad Americana de Ingenieros Civiles. Nebraska, Estados Unidos.
- Sherard, J., & Decker, R. (1977). Dispersive Clays, Related Piping, and Erosion in Geotechnical Projects.: Artículo Científico, ASTM. Philadelphia, Estado Unidos.
- Sierra Sosa, A. C., & Escudero Eguis, K. J. (2016). Determinación del grado de dispersividad en suelos caoliniticos modificados con sales de potacio y calcio.: Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia. Bogota, Colombia.
- Suancha Vera, L. H. (2014). Diseño, construcción y puesta en marcha de un equipo para la determinación de la dispersividad de los suelos arcillosos.: Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia. Bogota, Colombia.
- Xiangyue , L., & Arroyo, V. (2011). Impacto de Fuerzas de Filtración y Tubificación Retrógrada a la Inestabilidad de Talud y Erosión Hídrica (Segunda ed., Vol. XII):. Artículo Científico, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación -UNAM. Ciudad de México, México.
- Zapata, R., & Angelone, S. (2018). TIPOS DE SUELOS: Artículo Científico, Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas. Rosario, Argentina.

### **WEBGRAFÍA**

- SENAMHI. (31 de Diciembre de 2020). Datos Hidrometeorológicos. Obtenido de: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

## ANEXOS 01

Tabla 20.

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN VARIABLE	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Formulación del problema:</b></p> <p>¿Será posible que mediante la caracterización de los suelos se logre identificar y determinar el grado de dispersividad del suelo, en el tramo de la carretera, Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana?</p>	<p><b>Objetivos generales:</b></p> <p>identificar y determinar el grado de dispersividad del suelo, en el tramo de la carretera, Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</p> <p><b>Objetivo específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar y caracterizar físicamente mediante ensayos de campo y laboratorio a los suelos del tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana</li> <li>• Determinar la característica química mediante los ensayos de laboratorio a los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana</li> <li>• Evaluar el grado de dispersividad mediante los métodos de Crumb, Doble Hidrómetro y Pinhole a los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</li> </ul>	<p><b>H1:</b> La aplicación de la metodología de Crumb, doble Hidrómetro y Pinhole, para la caracterización de los suelos son eficaces para identificar y determinar el grado de dispersividad del suelo, en el tramo de la carretera, Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</p> <p><b>H2:</b> La metodología de Crumb, doble Hidrómetro y Pinhole, para la caracterización de los suelos no son eficaces para identificar y determinar el grado de dispersividad del suelo, en el tramo de la carretera, Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</p>	<p><b>Independiente:</b></p> <p>Caracterización de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</p> <p><b>Dependientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características físicas del suelo en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</li> <li>• Grado de salinidad del suelo en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</li> <li>• Grado de dispersividad del suelo en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.</li> </ul>	<p><b>Independiente:</b></p> <p>Propiedades físicas y químicas de los suelos</p> <p><b>Dependientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de humedad</li> <li>• Límites de atterberg</li> <li>• Análisis granulométrico.</li> <li>• Clasificación de los suelos</li> <li>• Peso específico</li> <li>• Densidad seca</li> <li>• Conductividad eléctrica del suelo</li> <li>• Ensayo de Crumb</li> <li>• Ensayo del doble hidrómetro</li> <li>• Ensayo de Pinhole</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Experimental y Cuantitativa.</p> <p><b>Niveles de investigación:</b></p> <p>Aplicativos: Realizar las pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos arcillosos y su dispersividad.</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <p><b>Método:</b> Estudio de diseño experimental</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental.</p> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p><b>Población:</b> Todos los suelos, en el tramo de la carretera puerto Sangama hacia Pilluana</p> <p><b>La Muestra:</b> Las 15 calicatas</p>

Fuente: Desarrollado por los autores, 2022

## ANEXO 02



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de **Independencia**"

Morales, 04 de octubre del 2021.

**CARTA N° 001-2020-UNSM-FICA**

Señor:

ULPIANO VELA MUÑOZ  
 ALCALDE DEL DISTRITO DE PILLUANA



**ASUNTO** : Solicitud permiso para las excavaciones y obtención de muestras para el estudio de suelos en el tramo de Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana.

**REFERENCIA:** Proyectos de investigación "Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, del Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Departamento San Martín"

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted, para saludarle cordialmente y al mismo tiempo por este medio le solicitamos que se nos otorgue el permiso de la Municipalidad Distrital de Pilluana, para la realización de excavaciones y obtención de muestras para el estudio de suelos, del proyecto de investigación denominado "**Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, del Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Departamento San Martín**". Dichas muestras de suelos deberán de extraerse desde el día 25 de octubre hasta el 8 de noviembre del 2021, y ser llevada para su evaluación y pruebas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín.

Se debe mencionar que se entregará una copia de los resultados del Proyecto a la Municipalidad, Adjunto encontrará el perfil del proyecto de investigación.


Agradeciendo de antemano su pronta y favorable respuesta, me despido atentamente:

Bach. KELVIN ERICK AREVALO TAFUR  
 Tesista del Proyecto de investigación


ING. M.SC. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA  
 Asesor del Proyecto de investigación

Bach. CRISTHIAN JUNIOR DÁVILA TAFUR  
 Tesista del Proyecto de Investigación

## ANEXOS 03



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL PILLUANA**  
**PROVINCIA DE PICOTA - REGIÓN SAN MARTÍN**  
**RUC N° 20531195141**  
*"Un Gobierno con Justicia Social"*  
**"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES"**  
**"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"**



Pilluana, 17 de Enero del 2022.

**OFICIO N° 001-2022- MDP/A.**  
**SEÑORES:**  
**KELVIN ERICK ARÉVALO TAFUR**  
**CRISTHIAN JUNIOR DÁVILA TAFUR**

Morales – San Martín. -

<b>ASUNTO</b>	<b>: SE DA RESPUESTA.</b>
<b>REFERENCIA</b>	<b>: CARTA N° 001-2021-UNSM-FICA, de fecha 04 de octubre de 2021.</b>

De mi mayor consideración:

Tengo a bien dirigirme a usted para saludarlo muy cordialmente y a la vez manifestar lo siguiente:

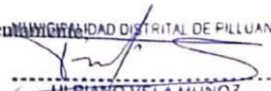
Que, en la fecha 04 de octubre del 2021, se recepcionó el documento descrito en referencia, remitido por los Egresados, **KELVIN ERICK ARÉVALO TAFUR** y **CRISTHIAN DÁVILA TAFUR**, ambos de la carrera de Ing. Civil de la Universidad Nacional de San Martín, los mismos que buscan dar inicio de su ejecución y desarrollo de Proyecto de investigación denominado: **"Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en el tramo de la carretera Puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana, del Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Departamento San Martín"**.

En tal sentido, por todo lo señalado en el párrafo precedente esta Entidad Autoriza para que realicen excavaciones manuales y/o calicatas para obtener muestras del suelo. A su vez se adjunta **INFORME N° 023-2021-ADOPyP/DGB**.

Asimismo, se indica lo siguiente:

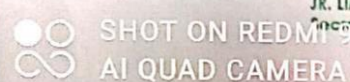
- Realizar excavaciones manuales y/o calicatas solo en tierra.
- Una vez obtenido las muestras de suelo, deberán restaurar los hoyos de manera compacta, de no ser posible hacerlo el mismo día, se sugiere colocar cintas de seguridad y evitar accidentes.
- Una vez terminado, de antemano se solicita nos proporcione dicho informe con los resultados respectivos, la misma que es de mucha importancia para la Entidad, en la cual le estaremos agradecidos.

Sin otro particular, me suscribo de usted, y aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PILLUANA  
  
**ULPIANO VELA MUÑOZ**  
DNI: 01132617  
**ALCALDE**

---

**JR. LIMA S/N FRENTE LA PLAZA DE ARMAS DISTRITO PILLUANA**  
**Secretaría General 987103292 - Alcaldía Celular 930825018**  
**Correo electrónico: [munipilluana@gmail.com](mailto:munipilluana@gmail.com)**



## ANEXO 04



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos  
 CIUDAD UNIVERSITARIA  
 Jr. Amorarca 3<sup>ra</sup> Cuadra Teléfono 042-52-1402  
 MORALES - PERÚ



CONSTANCIA DE INGRESO Y EJECUCION DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**EL QUE SUSCRIBE**

*Ing. M. Sc Enrique Napoleón Martínez Quiroz, Jefe del laboratorio de Mecánicas de Suelos y Pavimentos.*

**HACE CONSTAR:**

*Que los bachilleres Kelvin Erick Arévalo Tafur y Cristhian Junior Dávila Tafur han ingresado y han ejecutado ensayos de laboratorio los cuales son:*

*Contenido de Humedad Natural*

*Límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico)*

*Ensayo granulométrico por tamizado*

*Ensayo de Grumb*

*Ensayos para poder concluir con su Tesis Titulado: "IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA". Aprobado con resolución decanal N°156-2021-UNSM/FICA-D-NLU.*

*Se expide el presente a solicitud de los interesados.*

*Tarapoto, 27 de mayo del 2,022*

  
 Ing. M.Sc. Enrique N. Martínez Quiroz  
 JEFE DEL LABORATORIO DE MEC. SUELOS Y PAV  
 ING. CIVIL - CIP N° 29202



Constancia Registrada N°005

  
 Roberto Navarro Mori  
 ESP. LAB. MEC. SUELOS Y PAVIMENTOS Y CONCRETO  
 ING. CIVIL - ESP. 0219



TEC. VERIFICO INGRESO Y ENSAYOS  
 REALIZADO POR TESISISTAS





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO**



**Proyecto:** IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA.  
**Localización:** Distrito de Pilluana, Provincia de Picota , Dpto. y Región San Martín **Kilómetros:** 3.944 kml  
**Descripción del Suelo:** Suelo Arenoso Limoso Arcilloso **Profundidad:** 1.50 m  
**Operador :** Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur **Fecha:** 27/05/2022  
 Bach. Cristhian Junior Dávila Tafur **Sistema de coordenadas :** UTM / WGS-84 **Zona :** 18 Sur  
**Tipo de Muestra :** Alterada  No alterada:  Remoldeada :  Testigo Parafinado :   
**Extracción de la Muestra:** Testista : SI Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De empleo Ensayo : 25/02/222 Fecha Termino Ensayo : 25/03/2022

**RESULTADOS MEDIANTE EL ENSAYO DE CRUMB**

CALICATA	MUESTRA	TIEMPO	TEMPERATURA (°C)	RESULTADO	INTERPRETACIÓN	CALICATA	MUESTRA	TIEMPO	TEMPERATURA (°C)	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
<b>C-11</b>	1	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción	<b>C-15</b>	1	2 minutos	27.50	Grado 2	Reacción ligera
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 2	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 2	
	2	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		2	2 minutos	27.50	Grado 2	Reacción ligera
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 2	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 2	
	3	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		3	2 minutos	27.50	Grado 2	Reacción ligera
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 2	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 2	
	4	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		4	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 1	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 1	
	5	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		5	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 1	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 1	
	6	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		6	2 minutos	27.50	Grado 2	Reacción ligera
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 2	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 2	
	7	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		7	2 minutos	27.50	Grado 2	Reacción ligera
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 2	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 2	
	8	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		8	2 minutos	27.50	Grado 2	Reacción ligera
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 2	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 2	
	9	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		9	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 1	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 1	
	10	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción		10	2 minutos	27.50	Grado 1	Ninguna Reacción
		1 hora	27.70	Grado 1				1 hora	27.70	Grado 1	
		6 hora	28.50	Grado 1				6 hora	28.50	Grado 1	

**GRADO DE NUBOSIDAD DEL AGUA**

GRADO 1 : Ninguna reacción      GRADO 3 : Reacción moderada  
 GRADO 2 : Reacción ligera      GRADO 4 : Reacción fuerte



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

### FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC N° 119  
MORALES - PERU



**Proyecto:** IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA.

**Localización:** Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín

**Descripción:** Suelo Limoso Arenoso

**Operador:** Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur  
Bach. Cristhian Junior Davila Tafur

**Material:**

**Identificación:** \_\_\_\_\_ **Calicata:** C-03 **Coordenadas:** N: 9252129 E: 357632

**Muestra:** Alterada:  No alterada:  Remoldeada:  Parafinado:

**Extracción de la Muestra:** Testista: SI  
Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De empleo Ensayo: 25/02/2022  
Fecha de Solicitud: 10/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022

**ENSAYO DE DOBLE HIDROMETRO (ASTM-D4221)**

Análisis Granulométrico por Sedimentación	Con dispersante		Sin dispersante	
	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)
	0.0750	84.4	0.0750	84.4
	0.0695	80.7	0.0724	80.2
	0.0520	48.4	0.0527	55.9
	0.0376	34.3	0.0381	35.7
	0.0267	31.4	0.0272	27.6
	0.0190	28.5	0.0193	25.2
	0.0139	27.3	0.0141	21.2
	0.0098	25.6	0.0101	15.5
	0.0070	19.8	0.0071	11.5
	0.0050	16.9	0.0051	7.4
	0.0041	14.0	0.0041	7.4
	0.0036	11.1	0.0035	7.4
	0.0015	11.1	0.0031	7.4
	0.0010	11.1	0.0015	7.4
	0.0008	11.1		

**Clasif.-AASHTO** : A-4(0)  
**Clasif.-S.U.C.S** : ML/ Limo con Arena

**Gravedad específica relativa de los solidos**  
**G<sub>s</sub>** = 2.395

**CÁLCULOS**

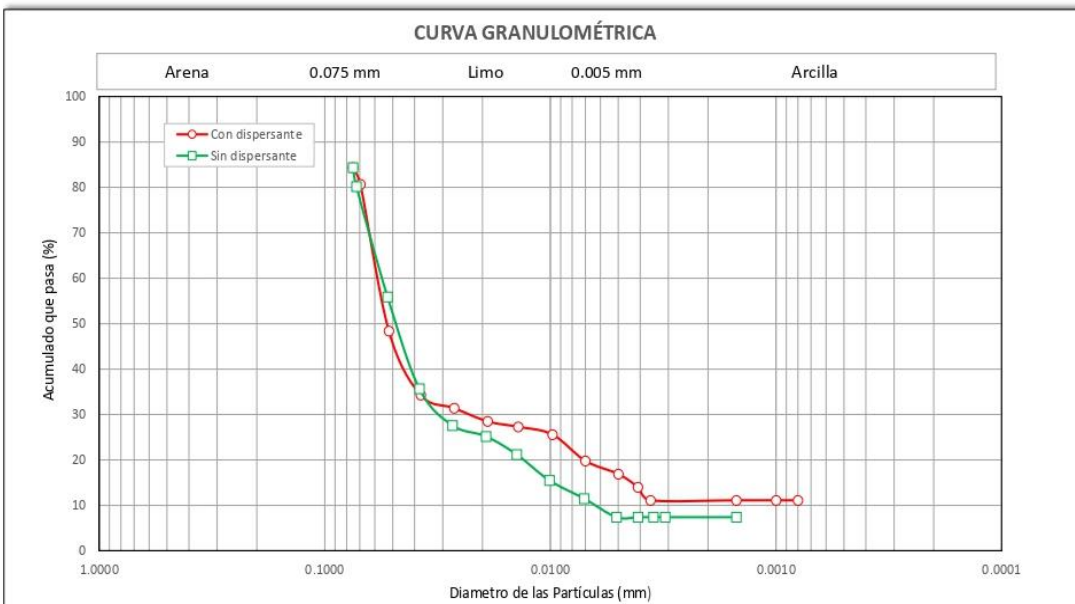
Sin agente dispersante  
Diámetro (mm)<sup>1</sup> = 0.002  
Porcentaje (%) = 7.400

Con agente dispersante (Hexametáfosfato de sodio)  
Diámetro (mm)<sup>1</sup> = 0.002  
Porcentaje (%) = 11.1

**Tabla 1: Relación entre el porcentaje de dispersion y el carácter dispersivo del suelo**

Porcentaje de Dispersión	Grado de dispersión
< 30	No dispersivo
30 a 50	Intermedio
> 50	Dispersivo

**El ensayo de doble hidrometro solo se aplica en muestras cuyo IP es mayor a 4 y que se encuentre sobre o por encima de la línea "A" (ASTM-D4318 y D-2487)**





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC N° 119

MORALES - PERU



Proyecto: IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA.

Localización: Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín

Kilómetro: KM 0+867.02

Descripción: Suelo Limoso Arenoso

Profundidad de la Muestra: 1.50 m

Operador: Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur

Fecha: 27/05/2022

Operador: Bach. Cristhian Junior Davila Tafur

Material:

Identificación: \_\_\_\_\_

Calicata: C-05

Coordenadas N: 9251762 E: 357488

Muestra: Alterada:  No alterada:  Remoldeada:  Parafinado:

Extracción de la Muestra: Testista: SI Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De emiepo Ensayo: 25/02/2022

Fecha de Solicitud: 10/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022

## ENSAYO DE DOBLE HIDROMETRO (ASTM-D4221)

Análisis Granulométrico por Sedimentación	Con dispersante		Sin dispersante	
	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)
	0.0750	65.4	0.0750	65.4
	0.0634	61.5	0.0661	61.5
	0.0468	45.0	0.0479	47.4
	0.0339	34.7	0.0348	30.5
	0.0243	28.5	0.0248	27.7
	0.0173	26.4	0.0177	22.1
	0.0127	22.3	0.013	19.3
	0.0091	18.2	0.0092	13.6
	0.0065	14.9	0.0066	8.0
	0.0046	14.1	0.0047	6.9
	0.0037	12.9	0.0038	5.2
	0.0033	12.0	0.0033	5.2
	0.0013	9.9	0.0029	5.2
	0.0010	7.9	0.0014	5.2
	0.0008	7.9		

Clasif.-AASHTO : A-4(0)

Clasif.-S.U.C.S : ML/ Limo Arenoso

Gravedad específica relativa de los sólidos  
Gs = 2.640

Tabla 1: Relación entre el porcentaje de dispersión y el carácter dispersivo del suelo

### CÁLCULOS

Sin agente dispersante

Diámetro (mm) = 0.002

Porcentaje (%) = 5.200

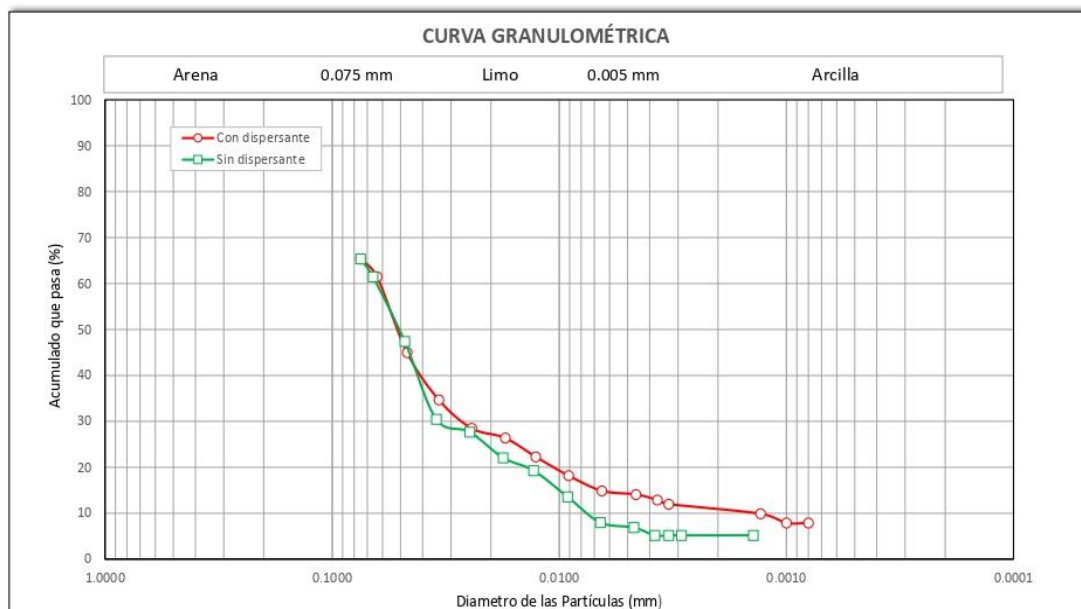
Con agente dispersante (Hexametáfosfato de sodio)

Diámetro (mm) = 0.002

Porcentaje (%) = 10.6

Porcentaje de Dispersión	Grado de dispersión
< 30	No dispersivo
30 a 50	Intermedio
> 50	Dispersivo

El ensayo de doble hidrometro solo se aplica en muestras cuyo IP es mayor a 4 y que se encuentre sobre o por encima de la línea "A" (ASTM-D4318 y D-2487)





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC N° 119  
MORALES - PERU



**Proyecto:** IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA.

**Localización:** Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín

**Kilómetro:** KM 2+640.00

**Descripción:** Suelo Arcilloso

**Profundidad de la Muestra:** 1.50 m

**Operador:** Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur

**Fecha:** 27/05/2022

**Operador:** Bach. Cristhian Junior Davila Tafur

**Material:**

**Identificación:** \_\_\_\_\_ **Calicata:** C-11

**Coordenadas:** N: 9251037 E: 358896

**Muestra:** Alterada:  No alterada:  Remoldeada:  Parafinado:

**Extracción de la Muestra:** Tesisista:  SI Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De empleo Ensayo: 25/02/2022

Fecha de Solicitud: 10/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022

## ENSAYO DE DOBLE HIDROMETRO (ASTM-D4221)

Análisis Granulométrico por Sedimentación	Con dispersante		Sin dispersante	
	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)
	0.0750	88.6	0.0750	88.6
	0.0590	85.8	0.0605	83.0
	0.0438	69.4	0.0448	65.5
	0.0313	65.3	0.0327	52.3
	0.0226	57.1	0.0239	37.0
	0.0163	48.9	0.0170	34.8
	0.0125	28.4	0.0128	19.4
	0.0091	18.1	0.0092	10.6
	0.0064	16.1	0.0066	8.4
	0.0046	10.7	0.0047	6.2
	0.0038	9.9	0.0038	4.9
	0.0033	9.1	0.0033	4.0
	0.0014	7.9	0.0029	4.0
	0.0010	7.9	0.0014	4.0
	0.0008	7.9		

**Clasif.-AASHTO:** A-6(12)

**Clasif.-S.U.C.S:** CL/ Arcilla delgada

**Gravedad específica relativa de los sólidos**

**G<sub>s</sub>** = 2.645

**Tabla 1: Relación entre el porcentaje de dispersión y el carácter dispersivo del suelo**

### CÁLCULOS

Sin agente dispersante

Diámetro (mm) = 0.002

Porcentaje (%) = 4.000

Con agente dispersante (Hexametafosfato de sodio)

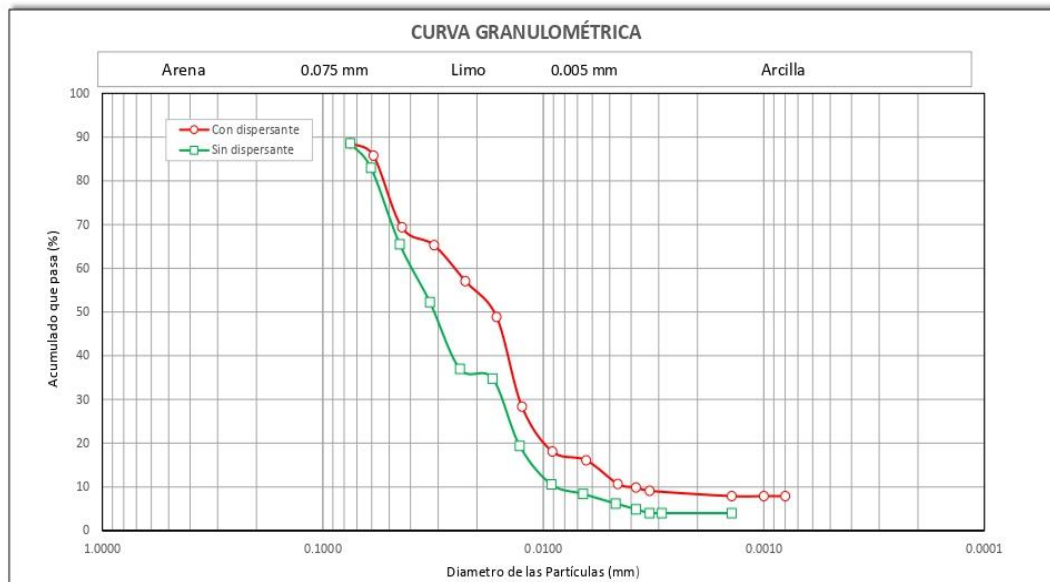
Diámetro (mm) = 0.002

Porcentaje (%) = 8.3

Dispersión =  $\frac{100 \times 4}{8.3} = 48.3\%$

**INTERMEDIO: 48.3%**

Porcentaje de Dispersión	Grado de dispersión
< 30	No dispersivo
30 a 50	Intermedio
> 50	Dispersivo





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC N° 119

MORALES - PERU



**Proyecto:** IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA.

**Localización:** Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín

**Descripción:** Suelo Arcilloso Arenoso

**Operador:** Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur  
Bach. Cristhian Junior Davila Tafur

**Kilómetro:** KM 3+944.38

**Profundidad de la Muestra:** 1.50 m

**Fecha:** 27/05/2022

**Material:**

**Identificación:** \_\_\_\_\_ **Calicata:** C-15 **Coordenadas** N: 9250860 E: 357732

**Muestra:** Alterada:  No alterada:  Remoldeada:  Parafinado:

**Extracción de la Muestra:** Tesista:  SI  No

Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De emiezo Ensayo: 25/02/2022

Fecha de Solicitud: 10/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022

**ENSAYO DE DOBLE HIDROMETRO (ASTM-D4221)**

Análisis Granulométrico por Sedimentación	Con dispersante		Sin dispersante	
	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)	Diámetro (mm)	Acum. Pasa (%)
	0.0750	71.9	0.0750	71.9
	0.0601	67.5	0.0623	67.6
	0.0450	50.5	0.0463	49.6
	0.0324	45.5	0.0334	42.6
	0.0232	40.4	0.0238	37.6
	0.0166	37.0	0.0172	29.7
	0.0123	33.6	0.0131	11.7
	0.0088	28.5	0.0093	9.7
	0.0063	25.1	0.0066	7.7
	0.0045	18.4	0.0047	6.5
	0.0037	16.7	0.0038	5.7
	0.0032	15.0	0.0033	4.9
	0.0013	12.3	0.0029	3.7
	0.0009	9.9	0.0014	3.7
	0.0008	9.9		

**Clasif.-AASHTO** : A-4(6)  
**Clasif.-S.U.C.S** : CL/ Arcilla delgada con Arena

**Gravedad específica relativa de los solidos**  
Gs = 2.625

**Tabla 1: Relación entre el porcentaje de dispersion y el carácter dispersivo del suelo**

Porcentaje de Dispersión	Grado de dispersión
< 30	No dispersivo
30 a 50	Intermedio
> 50	Dispersivo

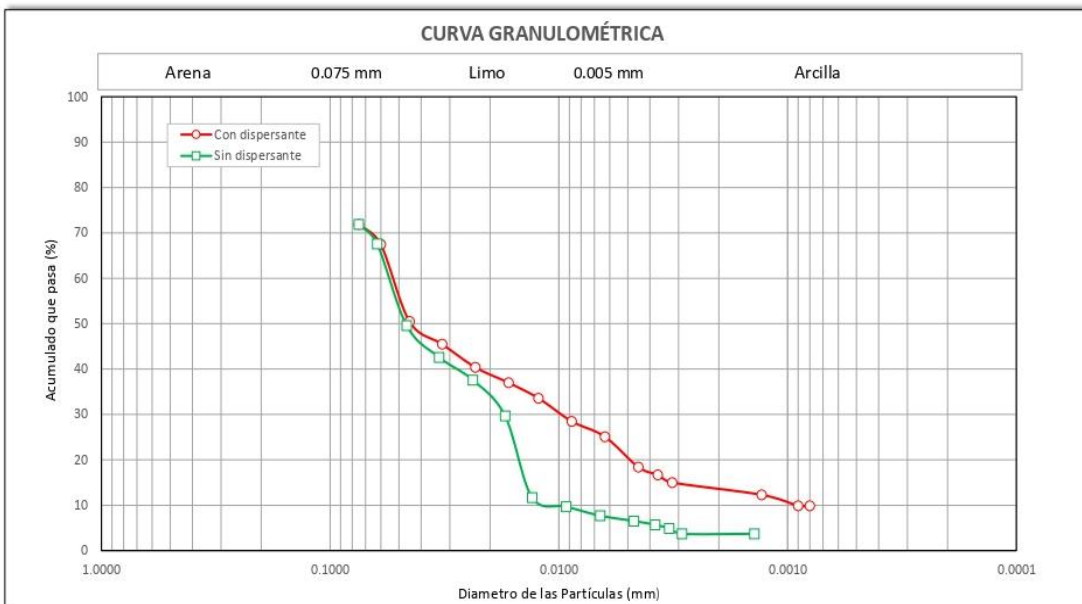
**CÁLCULOS**




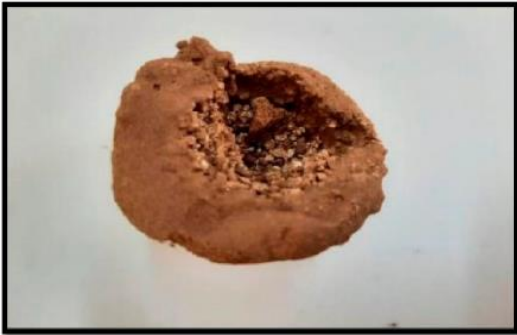
Sin agente dispersante  
Diámetro (mm) = 0.002  
Porcentaje (%) = 3.700





Con agente dispersante (Hexametafosfato de sodio)  
Diámetro (mm) = 0.002  
Porcentaje (%) = 13.3



Dispersión =  $\frac{100 \times 3.7}{13.3} = 27.8\%$



**NO DISPERSIVO : 27.8%**



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC Nº 119 MORALES - PERU																													
<b>Proyecto:</b> IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA																													
<b>Localización:</b>	Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín	<b>Kilómetro:</b> KM 0+429.16																											
<b>Descripción:</b>	Suelo Limoso Arenoso	<b>Profundidad de la Muestra:</b> 1.50 m																											
<b>Operador:</b>	Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur Bach. Crísthian Junior Davila Tafur	<b>Fecha:</b> 27/05/2022																											
<b>Material:</b>																													
<b>Identificación:</b>	Calicata: C-03	<b>Coordenadas:</b> N: 9252129 E: 357632																											
<b>Muestra:</b>	Alterada: <input checked="" type="checkbox"/> X No alterada: <input type="checkbox"/> Remoldeada: <input type="checkbox"/> Testigo Parafinado: <input type="checkbox"/>																												
<b>Extracción de la Muestra:</b>	Tesista: SI Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha de Solicitud: 10/02/2022	Fecha De empiezo Ensayo: 25/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022																											
<b>ENSAYO DE PIN HOLE (ASTM-D4647)</b>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.813</td> </tr> <tr> <td>Humeda Inicial (mm)</td> <td>21.900</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (mm)</td> <td>26.000</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Curado</td> <td>Ninguno</td> </tr> </table>		Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.813	Humeda Inicial (mm)	21.900	Humedad Final (mm)	26.000	Tiempo de Curado	Ninguno	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><b>Clasif.-AASHTO</b></td> <td>: A-4(0)</td> </tr> <tr> <td><b>Clasif.-S.U.C.S</b></td> <td>: ML/ Limo con Arena</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Agujero Horizontal</b></td> </tr> <tr> <td>Abertura Inicial (mm)</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Abertura Final (mm)</td> <td>6.00</td> </tr> </table>	<b>Clasif.-AASHTO</b>	: A-4(0)	<b>Clasif.-S.U.C.S</b>	: ML/ Limo con Arena	<b>Agujero Horizontal</b>		Abertura Inicial (mm)	1.00	Abertura Final (mm)	6.00									
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.813																												
Humeda Inicial (mm)	21.900																												
Humedad Final (mm)	26.000																												
Tiempo de Curado	Ninguno																												
<b>Clasif.-AASHTO</b>	: A-4(0)																												
<b>Clasif.-S.U.C.S</b>	: ML/ Limo con Arena																												
<b>Agujero Horizontal</b>																													
Abertura Inicial (mm)	1.00																												
Abertura Final (mm)	6.00																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Carga Hidráulica (mm)</th> <th rowspan="2">velocidad de flujo (ml/s)</th> <th colspan="2">Color de efluente</th> </tr> <tr> <th>Vista de Arriba</th> <th>Vista de Perfil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>0.57-0.6</td> <td>Apenas visible</td> <td>Apenas visible</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0.53-0.6</td> <td>Apenas visible</td> <td>Apenas visible</td> </tr> <tr> <td>180</td> <td>1.12-1.23</td> <td>Ligeramente Oscuro</td> <td>Ligeramente Oscuro</td> </tr> <tr> <td>380</td> <td>2.42-2.6</td> <td>Moderadamente Oscuro</td> <td>Moderadamente Oscuro</td> </tr> <tr> <td>1020</td> <td>5.25-5.37</td> <td>Oscuro</td> <td>Oscuro</td> </tr> </tbody> </table>				Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente		Vista de Arriba	Vista de Perfil	50	0.57-0.6	Apenas visible	Apenas visible	50	0.53-0.6	Apenas visible	Apenas visible	180	1.12-1.23	Ligeramente Oscuro	Ligeramente Oscuro	380	2.42-2.6	Moderadamente Oscuro	Moderadamente Oscuro	1020	5.25-5.37	Oscuro	Oscuro
Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente																											
		Vista de Arriba	Vista de Perfil																										
50	0.57-0.6	Apenas visible	Apenas visible																										
50	0.53-0.6	Apenas visible	Apenas visible																										
180	1.12-1.23	Ligeramente Oscuro	Ligeramente Oscuro																										
380	2.42-2.6	Moderadamente Oscuro	Moderadamente Oscuro																										
1020	5.25-5.37	Oscuro	Oscuro																										
<b>GRADO DE DISPERSIÓN</b>																													
----		----																											
<b>Preparación de la Muestra</b>																													
<p>La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 10 (2 mm), Humedad= 21.9 %, densidad seca =1.81 g/cm<sup>3</sup>. Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante. El ensayo de Pin Hole solo se aplica en muestras cuyo IP es mayor a 4 y que se encuentre sobre o por encima de la línea "A" (ASTM - D4318 y D-2487)</p>																													
<b>FOTOS DE LA MUESTRA ENSAYADA</b>																													
																													
Ingreso de la carga hidráulica (agujero de 1.0 mm (0.04") de diámetro)		Lado que muestra la parte de la salida de la carga hidráulica																											

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC Nº 119 MORALES - PERU																													
<b>Proyecto:</b> IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA																													
<b>Localización:</b>	Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín	<b>Kilómetro:</b> KM 0+867.02																											
<b>Descripción:</b>	Suelo Limoso Arenoso	<b>Profundidad de la Muestra:</b> 1.50 m																											
<b>Operador:</b>	Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur Bach. Cristhian Junior Davila Tafur	<b>Fecha:</b> 27/05/2022																											
<b>Material:</b>																													
<b>Identificación:</b>	Calicata: C-05	<b>Coordenadas</b> N: 9251762 E: 357488																											
<b>Muestra:</b>	Alterada: <input checked="" type="checkbox"/> X No alterada: <input type="checkbox"/> Remoldeada: <input type="checkbox"/>	Testigo Parafinado: <input type="checkbox"/>																											
<b>Extracción de la Muestra:</b>	Tesista: SI	Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De empiezo Ensayo: 25/02/2022 Fecha de Solicitud: 10/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022																											
<b>ENSAYO DE PIN HOLE (ASTM-D4647)</b>																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</td><td>1.805</td></tr> <tr><td>Humeda Inicial (mm)</td><td>12.90</td></tr> <tr><td>Humedad Final (mm)</td><td>17.00</td></tr> <tr><td>Tiempo de Curado</td><td>Ninguno</td></tr> </table>		Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.805	Humeda Inicial (mm)	12.90	Humedad Final (mm)	17.00	Tiempo de Curado	Ninguno	<b>Clasif.-AASHTO</b> : A-4(0) <b>Clasif.-S.U.C.S</b> : ML/ Limo Arenoso <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">Agujero Horizontal</td></tr> <tr><td>Abertura Inicial (mm)</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Abertura Final (mm)</td><td>2.00</td></tr> </table>	Agujero Horizontal		Abertura Inicial (mm)	1.00	Abertura Final (mm)	2.00													
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.805																												
Humeda Inicial (mm)	12.90																												
Humedad Final (mm)	17.00																												
Tiempo de Curado	Ninguno																												
Agujero Horizontal																													
Abertura Inicial (mm)	1.00																												
Abertura Final (mm)	2.00																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Carga Hidráulica (mm)</th> <th rowspan="2">velocidad de flujo (ml/s)</th> <th colspan="2">Color de efluente</th> </tr> <tr> <th>Vista de Arriba</th> <th>Vista de Perfil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>0.27-0.33</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.25-0.33</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>180</td><td>0.65-0.68</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>380</td><td>1.15-1.22</td><td>Apenas Visible</td><td>Apenas Visible</td></tr> <tr><td>1020</td><td>2.28-2.33</td><td>Ligeramente Oscuro</td><td>Ligeramente Oscuro</td></tr> </tbody> </table>				Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente		Vista de Arriba	Vista de Perfil	50	0.27-0.33	Claro	Claro	50	0.25-0.33	Claro	Claro	180	0.65-0.68	Claro	Claro	380	1.15-1.22	Apenas Visible	Apenas Visible	1020	2.28-2.33	Ligeramente Oscuro	Ligeramente Oscuro
Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente																											
		Vista de Arriba	Vista de Perfil																										
50	0.27-0.33	Claro	Claro																										
50	0.25-0.33	Claro	Claro																										
180	0.65-0.68	Claro	Claro																										
380	1.15-1.22	Apenas Visible	Apenas Visible																										
1020	2.28-2.33	Ligeramente Oscuro	Ligeramente Oscuro																										
<b>GRADO DE DISPERSIÓN</b>																													
----		----																											
<b>Preparación de la Muestra</b>																													
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 10 (2 mm), Humedad= 12.9 %, densidad seca =1.81 g/cm <sup>3</sup> . Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante. El ensayo de Pin Hole solo se aplica en muestras cuyo IP es mayor a 4 y que se encuentre sobre o por encima de la línea "A" (ASTM - D4318 y D-2487)																													
<b>FOTOS DE LA MUESTRA ENSAYADA</b>																													
																													
Ingreso de la carga hidráulica (agujero de 1.0 mm (0.04") de diametro)		Lado que muestra la parte de la salida de la carga hidráulica																											

UNSM		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS		CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC N° 119		MORALES - PERU																											
<b>Proyecto:</b> IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA																																					
<b>Localización:</b> Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín						<b>Kilómetro:</b> KM 2+640.00																															
<b>Descripción:</b> Suelo Arcilloso						<b>Profundidad de la Muestra:</b> 1.50 m																															
<b>Operador:</b> Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur Bach. Cristhian Junior Davila Tafur						<b>Fecha:</b> 27/05/2022																															
<b>Material:</b>																																					
<b>Identificación:</b> _____				<b>Referencia:</b> C-11				<b>Coordenadas:</b> N: 9251037 E: 358896																													
<b>Muestra:</b> Alterada: <input checked="" type="checkbox"/> No alterada: <input type="checkbox"/> Remoldeada: <input type="checkbox"/> Testigo Parafinado: <input type="checkbox"/>																																					
<b>Extracción de la Muestra:</b> Testista: SI Fecha de Recepción: 10/02/2022 Fecha De Empezio Ensayo: 25/02/2022 Fecha de Solicitud: 10/02/2022 Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022																																					
<b>ENSAYO DE PIN HOLE (ASTM-D4647)</b>																																					
<table border="1"> <tr><td>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</td><td>1.801</td></tr> <tr><td>Humedad Inicial (mm)</td><td>15.10</td></tr> <tr><td>Humedad Final (mm)</td><td>15.90</td></tr> <tr><td>Tiempo de Curado</td><td>Ninguno</td></tr> </table>				Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.801	Humedad Inicial (mm)	15.10	Humedad Final (mm)	15.90	Tiempo de Curado	Ninguno	<table border="1"> <tr><td><b>Clasif.-AASHTO</b></td><td>: A-6(12)</td></tr> <tr><td><b>Clasif.-S.U.C.S</b></td><td>: CL/ Arcilla delgada</td></tr> <tr><td colspan="2"><b>Agujero Horizontal</b></td></tr> <tr><td>Abertura Inicial (mm)</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Abertura Final (mm)</td><td>1.00</td></tr> </table>								<b>Clasif.-AASHTO</b>	: A-6(12)	<b>Clasif.-S.U.C.S</b>	: CL/ Arcilla delgada	<b>Agujero Horizontal</b>		Abertura Inicial (mm)	1.00	Abertura Final (mm)	1.00								
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.801																																				
Humedad Inicial (mm)	15.10																																				
Humedad Final (mm)	15.90																																				
Tiempo de Curado	Ninguno																																				
<b>Clasif.-AASHTO</b>	: A-6(12)																																				
<b>Clasif.-S.U.C.S</b>	: CL/ Arcilla delgada																																				
<b>Agujero Horizontal</b>																																					
Abertura Inicial (mm)	1.00																																				
Abertura Final (mm)	1.00																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Carga Hidráulica (mm)</th> <th rowspan="2">velocidad de flujo (ml/s)</th> <th colspan="2">Color de efluente</th> </tr> <tr> <th>Vista de Arriba</th> <th>Vista de Perfil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>0.25-0.27</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.25-0.28</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>180</td><td>0.58-0.62</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>380</td><td>1.07-1.13</td><td>Claro</td><td>Claro</td></tr> <tr><td>1020</td><td>2.12-2.22</td><td>Apenas Visible</td><td>Apenas Visible</td></tr> </tbody> </table>												Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente		Vista de Arriba	Vista de Perfil	50	0.25-0.27	Claro	Claro	50	0.25-0.28	Claro	Claro	180	0.58-0.62	Claro	Claro	380	1.07-1.13	Claro	Claro	1020	2.12-2.22	Apenas Visible	Apenas Visible
Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente																																			
		Vista de Arriba	Vista de Perfil																																		
50	0.25-0.27	Claro	Claro																																		
50	0.25-0.28	Claro	Claro																																		
180	0.58-0.62	Claro	Claro																																		
380	1.07-1.13	Claro	Claro																																		
1020	2.12-2.22	Apenas Visible	Apenas Visible																																		
<b>GRADO DE DISPERSIÓN</b>																																					
<table border="1"> <tr><td><b>ND2</b></td></tr> </table>				<b>ND2</b>	<table border="1"> <tr><td><b>SUELO NO DISPERSIVO</b></td></tr> </table>								<b>SUELO NO DISPERSIVO</b>																								
<b>ND2</b>																																					
<b>SUELO NO DISPERSIVO</b>																																					
<b>Preparación de la Muestra</b>																																					
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 10 (2 mm), Humedad= 15.1 %, densidad seca =1.80 g/cm <sup>3</sup> . Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.																																					
<b>FOTOS DE LA MUESTRA ENSAYADA</b>																																					
																																					
<b>Ingreso de la carga hidráulica (agujero de 1.0 mm (0.04") de diámetro)</b>						<b>Lado que muestra la parte de la salida de la carga hidráulica</b>																															

	<h2 style="margin: 0;">UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN</h2> <h3 style="margin: 0;">FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</h3> <p style="margin: 0;">LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS CIUDAD UNIVERSITARIA TELEFONO 042-521402 - ANEXO FIC Nº 119 MORALES - PERU</p>																										
<b>Proyecto:</b> IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA																											
<b>Localización:</b> Distrito de Pilluana, Provincia de Picota, Dpto. y Región San Martín	<b>Kilómetro:</b> KM 3+944.38																										
<b>Descripción:</b> Suelo Arcilloso Arenoso	<b>Profundidad de la Muestra:</b> 1.50 m																										
<b>Operador:</b> Bach. Kelvin Erick Arévalo Tafur Bach. Cristhian Junior Davila Tafur	<b>Fecha:</b> 27/05/2022																										
<b>Material:</b>																											
<b>Identificación:</b> _____	<b>Calicata:</b> C-15	<b>Coordenadas:</b> N: 9251037 E: 358896																									
<b>Muestra:</b> Alterada: <input checked="" type="checkbox"/> No alterada: <input type="checkbox"/> Remoldeada: <input type="checkbox"/> Testigo Parafinado: <input type="checkbox"/>																											
<b>Extracción de la Muestra:</b> Testista: SI	Fecha de Recepción: 10/02/2022	Fecha De emiezo Ensayo: 25/02/2022																									
	Fecha de Solicitud: 10/02/2022	Fecha Termino Ensayo: 25/03/2022																									
<b>ENSAYO DE PIN HOLE (ASTM-D4647)</b>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.810</td> </tr> <tr> <td>Humeda Inicial (mm)</td> <td>21.20</td> </tr> <tr> <td>Humedad Final (mm)</td> <td>19.70</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Curado</td> <td>Ninguno</td> </tr> </table>	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.810	Humeda Inicial (mm)	21.20	Humedad Final (mm)	19.70	Tiempo de Curado	Ninguno	<b>Clasif.-AASHTO</b> : A-4(6) <b>Clasif.-S.U.C.S</b> : CL/ Arcilla delgada con Arena																		
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.810																										
Humeda Inicial (mm)	21.20																										
Humedad Final (mm)	19.70																										
Tiempo de Curado	Ninguno																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Agujero Horizontal</td> </tr> <tr> <td>Abertura Inicial (mm)</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Abertura Final (mm)</td> <td>1.00</td> </tr> </table>	Agujero Horizontal		Abertura Inicial (mm)	1.00	Abertura Final (mm)	1.00																				
Agujero Horizontal																											
Abertura Inicial (mm)	1.00																										
Abertura Final (mm)	1.00																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Carga Hidráulica (mm)</th> <th rowspan="2">velocidad de flujo (ml/s)</th> <th colspan="2">Color de efluente</th> </tr> <tr> <th>Vista de Arriba</th> <th>Vista de Perfil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>0.18-0.23</td> <td>Claro</td> <td>Claro</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0.18-0.23</td> <td>Claro</td> <td>Claro</td> </tr> <tr> <td>180</td> <td>0.52-0.58</td> <td>Claro</td> <td>Claro</td> </tr> <tr> <td>380</td> <td>0.85-0.90</td> <td>Claro</td> <td>Claro</td> </tr> <tr> <td>1020</td> <td>1.90-1.95</td> <td>Apenas Visible</td> <td>Apenas Visible</td> </tr> </tbody> </table>	Carga Hidráulica (mm)	velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente		Vista de Arriba	Vista de Perfil	50	0.18-0.23	Claro	Claro	50	0.18-0.23	Claro	Claro	180	0.52-0.58	Claro	Claro	380	0.85-0.90	Claro	Claro	1020	1.90-1.95	Apenas Visible	Apenas Visible	
Carga Hidráulica (mm)			velocidad de flujo (ml/s)	Color de efluente																							
	Vista de Arriba	Vista de Perfil																									
50	0.18-0.23	Claro	Claro																								
50	0.18-0.23	Claro	Claro																								
180	0.52-0.58	Claro	Claro																								
380	0.85-0.90	Claro	Claro																								
1020	1.90-1.95	Apenas Visible	Apenas Visible																								
GRADO DE DISPERSIÓN																											
<b>ND2</b>		<b>SUELO NO DISPERSIVO</b>																									
<b>Preparación de la Muestra</b>																											
La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material que pasa el tamiz N° 10 (2 mm), Humedad= 21.2 %, densidad seca =1.81 g/cm <sup>3</sup> . Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.																											
<b>FOTOS DE LA MUESTRA ENSAYADA</b>																											
																											
Ingreso de la carga hidráulica (agujero de 1.0 mm (0.04") de diámetro)		Lado que muestra la parte de la salida de la carga hidráulica																									

## ANEXO 06

### PANEL FOTOGRÁFICO



**Foto N °1.** Se observa la preparación para la extracción de las muestras en los recipientes adaptados para conservar las características del suelo in-situ para los ensayos de Laboratorio.



**Foto N °2.** Se aprecia las diferentes muestras que se obtuvo de cada estrato, de las cuales varían en su color de marrón grisáceo a rojizo y la textura dura.



**Foto N 3.** Se observa el proceso de preparación de las Muestras para los ensayos de caracterización físicas de los suelos.



**Foto N 4.** Se observa el proceso de pesado de los suelos retenidas en los diferentes tamices que se requiere para el ensayo granulométrico.

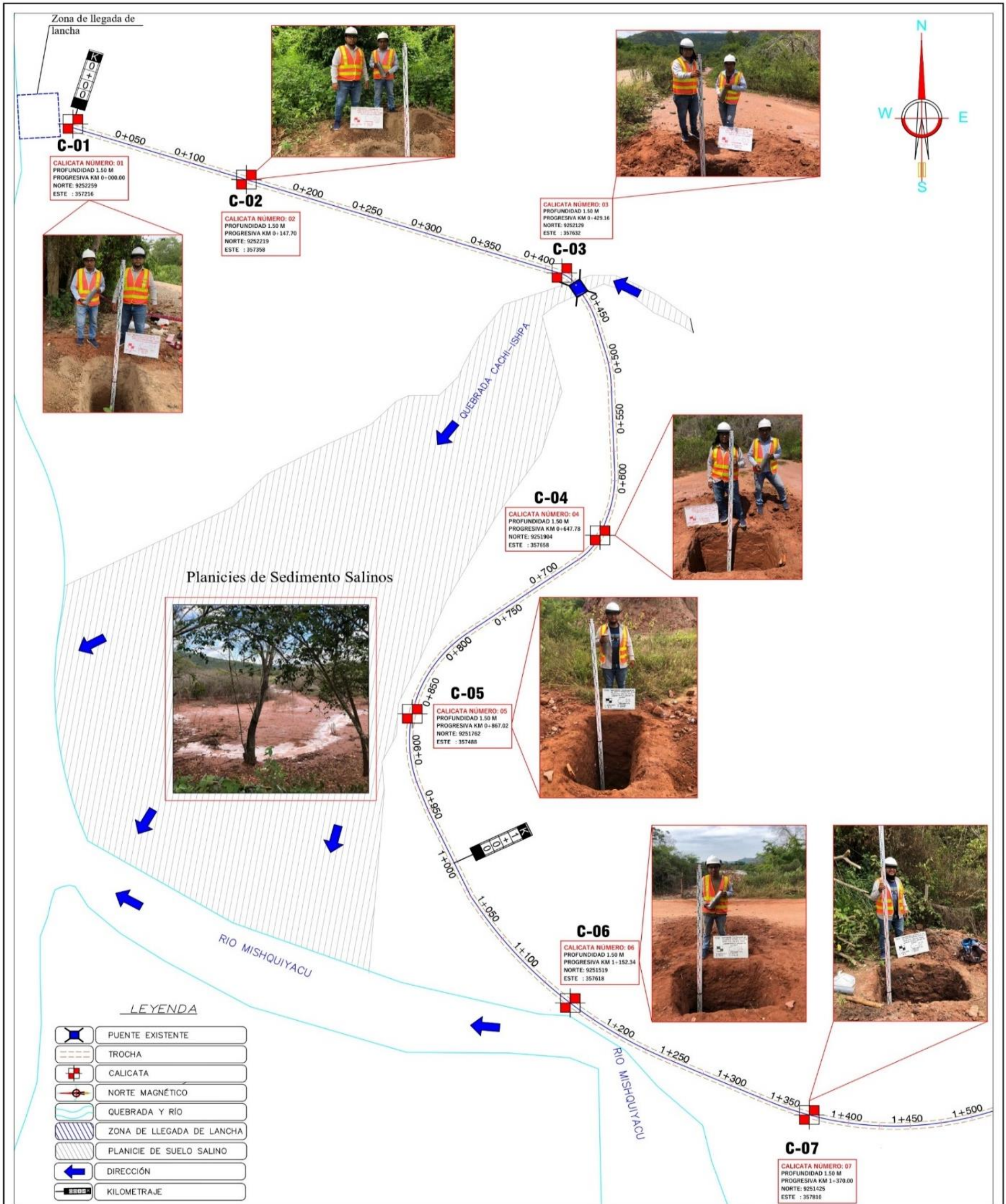


**Foto N °5.** Se observa el desarrollo del ensayo del límite líquido de la muestra en la copa de casagrande.



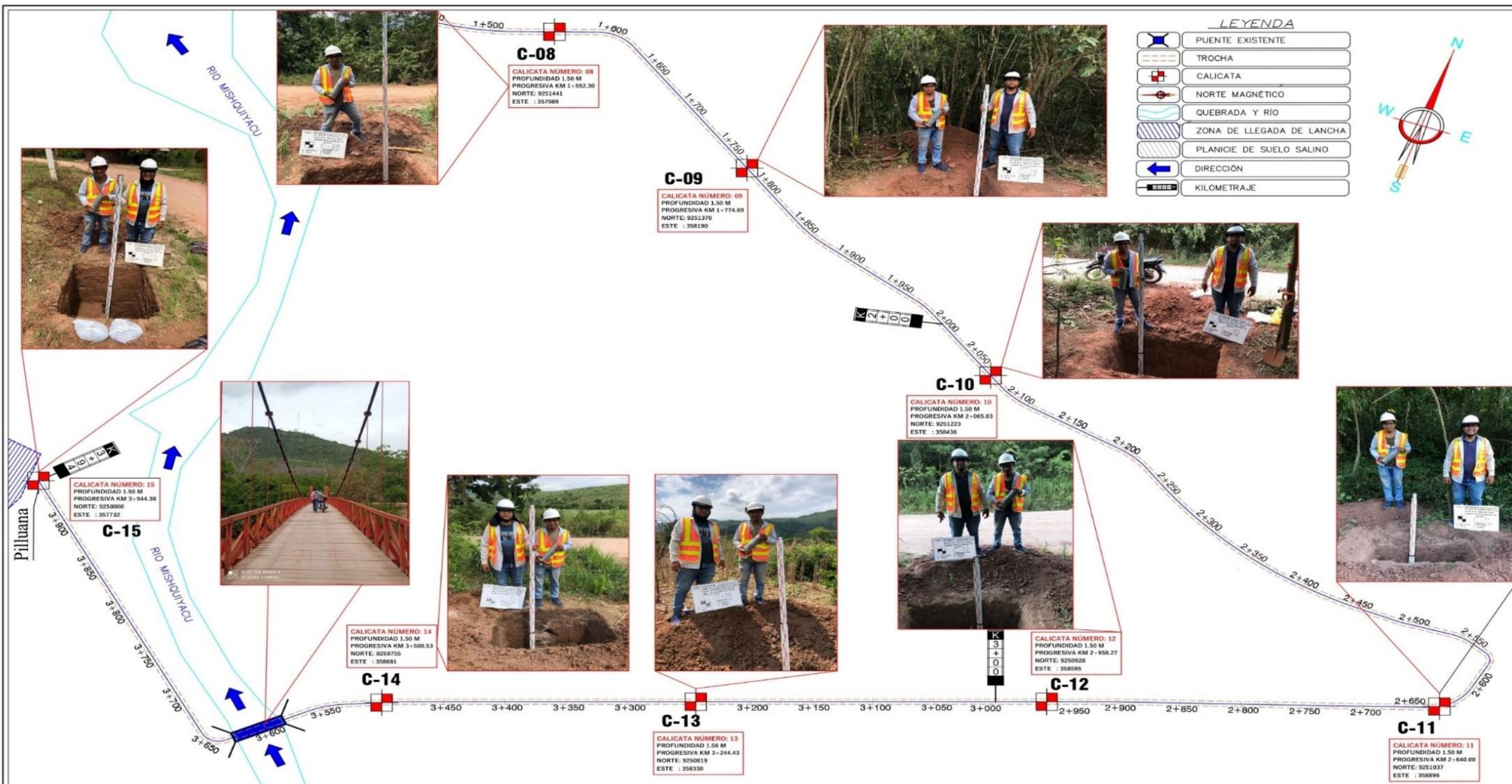
**Foto N 6.** Se aprecia el proceso de colocación de los cubos de 15 mm de aristas en los recipientes con agua para el ensayo de Crumb.

### ANEXO 07 PLANOS




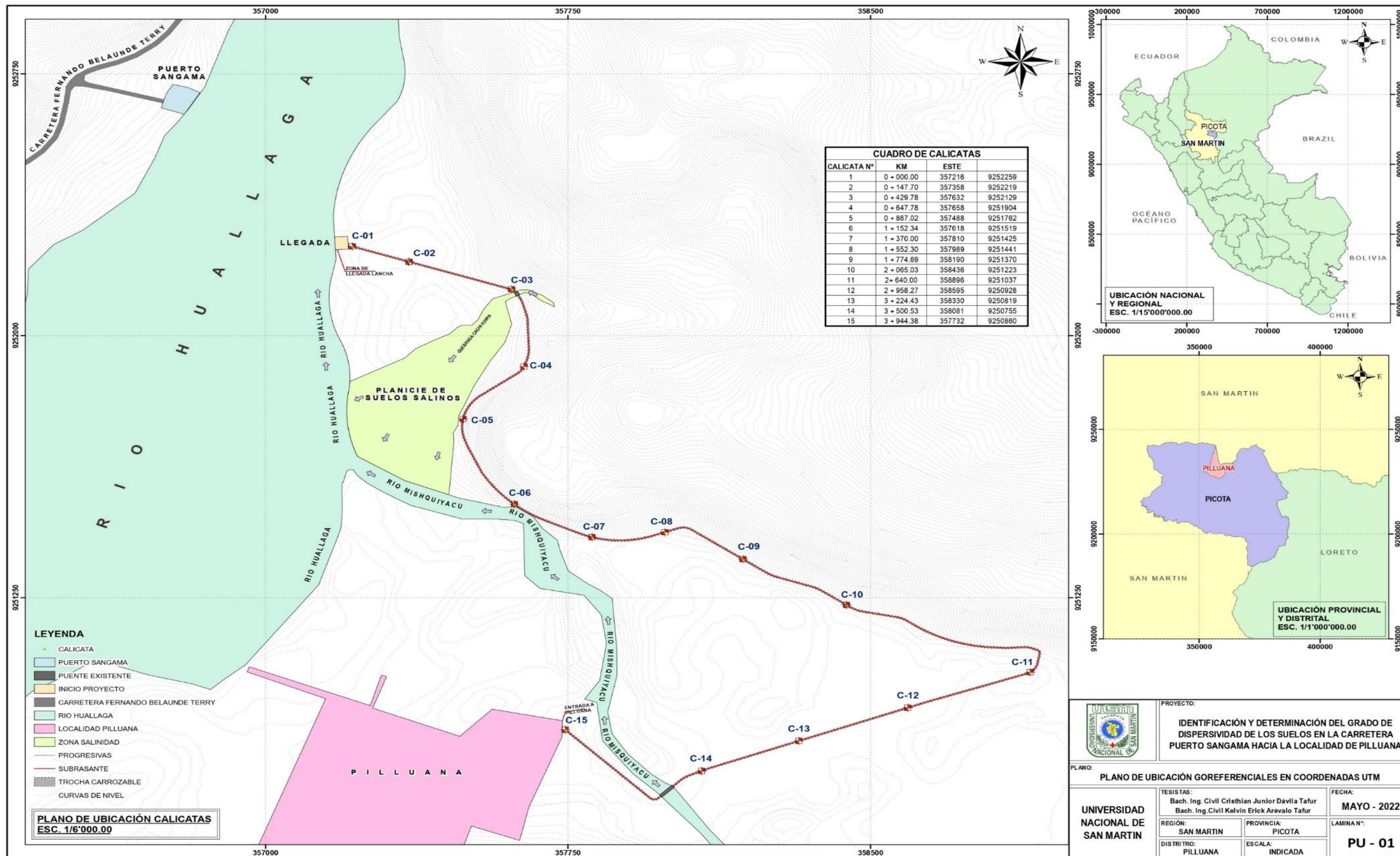
PLANO UBICACIÓN DE CALICATAS  
ESC: 1/2000

	<b>"UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN"</b>			PROYECTO: "IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA."				
	REGIÓN: SAN MARTÍN	PROVINCIA: PICOTA	DISTRITO: PILLUANA	TESISTAS: Bach. Christian Junior Dávila Tufur Bach. Kelvin Erick Anévalo Tufur		FCARD: UBICACIÓN DE CALICATAS DEL KM 0+000.00 AL KM 1+500.00		LAMINA:
	UBIGEO: 220704	FECHA: JULIO-2022		Asesor: Ing. M.Sc. Victor Eduardo Samamé Zalta		CADISTA: RCGS	ESCALA: 1/2000	<b>PUC-01</b>



PLANO UBICACIÓN DE CALICATAS  
ESC: 1/2250

 <b>"UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN"</b>			PROYECTO "IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DISPERSIVIDAD DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA PUERTO SANGAMA HACIA LA LOCALIDAD DE PILLUANA."		
REGION: SAN MARTÍN	PROVINCIA: PICOTA	DISTRITO: PILLUANA	TESISTAS: Bach. Christian Junior Dávila Tafur Bach. Kelvin Enck Arévalo Tafur	FORO: UBICACIÓN DE CALICATAS DEL KM 1+500.00 AL KM 3+944.38	LAMINA: PUC-02
UBIGEO: 220704	FECHA: JULIO-2022		Asesor: Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samané Zalta	ELABORADO: RCGS	ESCALA: 1/2250



# Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana

*por* Kelvin Erick Arévalo Tafur/ Cristhian Junior Dávila Tafur

---

**Fecha de entrega:** 22-nov-2022 12:36p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1961361450

**Nombre del archivo:** TESIS.docx (14.02M)

**Total de palabras:** 14990

**Total de caracteres:** 79242

# Identificación y determinación del grado de dispersividad de los suelos en la carretera puerto Sangama hacia la localidad de Pilluana

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://repository.eia.edu.co">repository.eia.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a>	