



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho-2024”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Asenjo Davila, Sander Ruben ([orcid.org/0000-0002-7627-2139](https://orcid.org/0000-0002-7627-2139))

Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith ([orcid.org/0000-0002-2455-0117](https://orcid.org/0000-0002-2455-0117))

**ASESOR:**

Mg. Ing. Quesada Llanto, Julio Crhistian ([orcid.org/0000-0003-4366-4926](https://orcid.org/0000-0003-4366-4926))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA — PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, QUESADA LLANTO JULIO CHRISTIAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho-2024", cuyos autores son ASENJO DAVILA SANDER RUBEN, BRAVO GUEVARA HASSAN UZIEL KEITH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 01 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JULIO CHRISTIAN QUESADA LLANTO <b>DNI:</b> 42831273 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4366-4926	Firmado electrónicamente por: JQUESADA el 13-07- 2024 17:44:15

Código documento Trilce: TRI - 0784389



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, ASENJO DAVILA SANDER RUBEN, BRAVO GUEVARA HASSAN UZIEL KEITH estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho-2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
HASSAN UZIEL KEITH BRAVO GUEVARA <b>DNI:</b> 71434519 <b>ORCID:</b> 0000-0002-2455-0117	Firmado electrónicamente por: HBRAVOG el 01-07- 2024 09:29:12
SANDER RUBEN ASENJO DAVILA <b>DNI:</b> 72120355 <b>ORCID:</b> 0000-0002-7627-2139	Firmado electrónicamente por: SASENJO el 01-07- 2024 00:19:49

Código documento Trilce: TRI - 0784388

## **Dedicatoria**

A mis padres, Aníbal y Margarita, cuyo amor, sacrificio y constante apoyo han sido mi mayor inspiración y fortaleza a lo largo de este camino. A mi querida hermana, por ser mi apoyo incondicional en los momentos más difíciles. (Asenjo Davila Sander R.)

A mis tres pilares: mi mamá, mi hermana y mi abuelita. Por siempre estar ahí cuando más las necesite. Esto es por y para ustedes. (Bravo Guevara Hassan U.)

## **Agradecimiento**

En primer lugar, a Dios por la fortaleza y claridad concedidas. A mis padres, Aníbal y Margarita, por su apoyo incondicional y constante motivación. A mi asesor de tesis, por su invaluable guía y orientación técnica. A la Universidad César Vallejo, por brindarme la oportunidad de formarme como Ingeniero Civil Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mi compañero Hassan por su invaluable apoyo durante todo este proceso académico. (Asenjo Davila Sander R.)

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarme salud y bienestar durante el desarrollo de la presente investigación. Agradecer también a mi familia, a mis docentes, a mis amigos y a todos aquellos que fueron parte de este logro, muchísimas gracias por siempre brindarme su apoyo. Finalmente, quiero agradecer a mi compañero Sander, por ser un excelente compañero de viaje en esta gran aventura. (Bravo Guevara Hassan U.)

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad del/os autor/es .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	29
III. RESULTADOS .....	56
IV. DISCUSIÓN.....	97
V. CONCLUSIONES .....	103
VI. RECOMENDACIONES .....	105
REFERENCIAS.....	107
ANEXOS .....	117

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> <i>Distribución de vías según su IMDA.</i> .....	14
<b>Tabla 2:</b> <i>Subrasante: Categorización</i> .....	14
<b>Tabla 3:</b> <i>Tamices de malla cuadrada</i> .....	16
<b>Tabla 4:</b> <i>Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas.</i> .....	17
<b>Tabla 5:</b> <i>Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.</i> .....	19
<b>Tabla 6:</b> <i>Propiedades de la fibra de pseudotallo del plátano.</i> .....	26
<b>Tabla 7:</b> <i>Propiedades del aceite de automotriz reciclado.</i> .....	27
<b>Tabla 8:</b> <i>Normativas nacionales e internacionales para EMS</i> .....	34
<b>Tabla 9:</b> <i>Resumen de ubicación de calicatas</i> .....	41
<b>Tabla 10:</b> <i>Cantidad de muestra de suelo por calicata</i> .....	43
<b>Tabla 11:</b> <i>Propiedades Físico-Mecánicas de las calicatas C-1, C-2 y C-3</i> .....	54
<b>Tabla 12:</b> <i>Resultados de ensayos de Límites de Consistencia de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3</i> .....	56
<b>Tabla 13:</b> <i>Pruebas de normalidad del indicador IP.</i> .....	63
<b>Tabla 14:</b> <i>Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador IP</i> .64	
<b>Tabla 15:</b> <i>Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador IP</i> .....	65
<b>Tabla 16:</b> <i>Resultados de la MDS de ensayos de Proctor Modificado de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3</i> .....	66
<b>Tabla 17:</b> <i>Pruebas de normalidad del indicador MDS</i> .....	72
<b>Tabla 18:</b> <i>Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador MDS.</i> .....	73
<b>Tabla 19:</b> <i>Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador MDS</i> .....	74
<b>Tabla 20:</b> <i>Resultados del OCH de ensayos de Proctor Modificado de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3</i> .....	75
<b>Tabla 21:</b> <i>Pruebas de normalidad del indicador OCH</i> .....	82
<b>Tabla 22:</b> <i>Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador OCH.</i> .....	83
<b>Tabla 23:</b> <i>Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador OCH.</i> .....	84
<b>Tabla 24:</b> <i>Resultados de ensayos de CBR de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3</i> .....	85
<b>Tabla 25:</b> <i>Pruebas de normalidad del indicador CBR.</i> .....	94

<b>Tabla 26:</b> <i>Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador CBR.</i>	
.....	95
<b>Tabla 27:</b> <i>Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador CBR.</i>	96

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> <i>Límites de Atterberg.</i> .....	18
<b>Figura 2:</b> <i>Identificación del tipo del suelo.</i> .....	22
<b>Figura 3:</b> <i>Selección del tipo de estabilización.</i> .....	22
<b>Figura 4:</b> <i>Partes de la planta del plátano.</i> .....	25
<b>Figura 5:</b> <i>Proximidad de la zona de estudio con el Peaje Socos.</i> .....	33
<b>Figura 6:</b> <i>Obtención del pseudotallo del plátano.</i> .....	37
<b>Figura 7:</b> <i>Corte del pseudotallo en piezas más pequeñas.</i> .....	38
<b>Figura 8:</b> <i>Obtención de las fibras del pseudotallo del plátano.</i> .....	38
<b>Figura 9:</b> <i>Proceso de secado de las fibras del pseudotallo del plátano.</i> .....	39
<b>Figura 10:</b> <i>Proceso de corte y empaquetado de las fibras del pseudotallo del plátano.</i> .....	39
<b>Figura 11:</b> <i>Obtención y envasado del lubricante automotriz reciclado.</i> .....	40
<b>Figura 12:</b> <i>Ubicación de calicatas.</i> .....	40
<b>Figura 13:</b> <i>Obtención de muestra de subrasante de la calicata C-1.</i> .....	41
<b>Figura 14:</b> <i>Obtención de muestra de subrasante de la calicata C-2.</i> .....	42
<b>Figura 15:</b> <i>Obtención de muestra de subrasante de la calicata C-3.</i> .....	42
<b>Figura 16:</b> <i>Curva granulométrica de la muestra de la calicata C-1.</i> .....	44
<b>Figura 17:</b> <i>Curva granulométrica de la muestra de la calicata C-2.</i> .....	45
<b>Figura 18:</b> <i>Curva granulométrica de la muestra de la calicata C-3.</i> .....	45
<b>Figura 19:</b> <i>Resultados de Contenido de Humedad de las C-1, C-2 y C-3.</i> .....	46
<b>Figura 20:</b> <i>Ensayos de Límites de Consistencia de la C-2</i> .....	48
<b>Figura 21:</b> <i>Ensayos de Límites de Consistencia de la C-3.</i> .....	48
<b>Figura 22:</b> <i>Curva de compactación de la calicata C-1</i> .....	49
<b>Figura 23:</b> <i>Curva de compactación de la calicata C-2</i> .....	50
<b>Figura 24:</b> <i>Curva de compactación de la calicata C-3.</i> .....	51
<b>Figura 25:</b> <i>Curva CBR Vs Densidad Seca de la muestra de la calicata C-1</i> .....	52
<b>Figura 26:</b> <i>Curva CBR Vs Densidad Seca de la muestra de la calicata C-2</i> .....	53
<b>Figura 27:</b> <i>Curva CBR Vs Densidad Seca de la muestra de la calicata C-3</i> .....	53
<b>Figura 28:</b> <i>Límites de Consistencia de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3</i> .....	57

<b>Figura 29:</b> <i>Ensayos de Límites de Consistencia con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR).....</i>	<b>58</b>
<b>Figura 30:</b> <i>Ensayos de Límites de Consistencia con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR).....</i>	<b>59</b>
<b>Figura 31:</b> <i>Ensayos de Límites de Consistencia con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR).....</i>	<b>61</b>
<b>Figura 32:</b> <i>Curva de Tendencia del IP con las dosificaciones M1, M2 Y M3.....</i>	<b>62</b>
<b>Figura 33:</b> <i>Variación de la Máxima Densidad Seca de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3.....</i>	<b>67</b>
<b>Figura 34:</b> <i>Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR) .....</i>	<b>68</b>
<b>Figura 35:</b> <i>Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR) .....</i>	<b>69</b>
<b>Figura 36:</b> <i>Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR) .....</i>	<b>70</b>
<b>Figura 37:</b> <i>Curva de Tendencia de la MDS con las dosificaciones M1, M2 Y M371</i>	
<b>Figura 38:</b> <i>Variación del Óptimo Contenido de Humedad de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3. ....</i>	<b>76</b>
<b>Figura 39:</b> <i>Curva de Compactación del Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR) .....</i>	<b>77</b>
<b>Figura 40:</b> <i>Curva de Compactación del Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR) .....</i>	<b>78</b>
<b>Figura 41:</b> <i>Curva de Compactación del Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR) .....</i>	<b>79</b>
<b>Figura 42:</b> <i>Análisis de tendencia de la Curva de Compactación. ....</i>	<b>80</b>
<b>Figura 43:</b> <i>Curva de Tendencia del OCH con las dosificaciones M1, M2 Y M3. .</i>	<b>81</b>
<b>Figura 44:</b> <i>Variación del CBR al 95% MDS de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3. ....</i>	<b>86</b>
<b>Figura 45:</b> <i>Variación del CBR al 100% MDS de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3. ....</i>	<b>87</b>
<b>Figura 46:</b> <i>Ensayo de CBR con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR) .....</i>	<b>88</b>
<b>Figura 47:</b> <i>Ensayo de CBR con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR) .....</i>	<b>89</b>
<b>Figura 48:</b> <i>Ensayo de CBR con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR) .....</i>	<b>91</b>

<b>Figura 49:</b> <i>Curva de Tendencia del CBR al 95% MDS con las dosificaciones M1, M2 Y M3.....</i>	<i>92</i>
<b>Figura 50:</b> <i>Curva de Tendencia del CBR al 100% MDS con las dosificaciones M1, M2 Y M3.....</i>	<i>93</i>

## Resumen

La presente tesis, orientada al logro del ODS N°9 sobre “Industria, Innovación e Infraestructura”, tuvo como objetivo principal evaluar la estabilización de suelos arcillosos con la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el departamento de Ayacucho. Para lograrlo, se aplicó una metodología de investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño cuasiexperimental, de alcance explicativo y de corte transversal. La cual tuvo como muestra a tres calicatas de suelos arcillosos ubicadas en la Ruta Vecinal AY-794. Los resultados obtenidos de las 3 dosificaciones fueron positivos, siendo la dosificación que mostró los mejores resultados la que combinó 0.75% de FP con 2.00% de LAR. Debido a que disminuyó en un 80% el IP; aumentó en un 21.99% la MDS; disminuyó en un 65.42% el OCH y aumentó en un 550% el CBR, respecto a los valores de la muestra patrón. En ese sentido, se concluyó que la incorporación de FP y LAR en las dosificaciones: M1(0.25% FP + 6.00% LAR), M2 (0.50% FP + 4.00% LAR) y M3 (0.75% FP + 2.00% LAR) posee efectos estabilizantes en los suelos arcillosos.

**Palabras Clave:** Fibra Natural, Producto Petrolífero, Suelo, Carretera, Ingeniería Vial.

## **Abstract**

The present thesis, oriented towards achieving SDG No. 9 on "Industry, Innovation, and Infrastructure," aimed to evaluate the stabilization of clay soils by incorporating three dosages that combine banana pseudostem fibers (0.25%, 0.50%, 0.75%) and recycled automotive lubricant (2%, 4%, 6%) in the Ayacucho City. To achieve this, an applied research methodology was applied, with a quantitative approach, quasi-experimental design, explanatory scope, and cross-sectional cut. The sample consisted of three soil pits located on the AY-794 Local Road. The results obtained from the three dosages were positive, with the dosage combining 0.75% BF with 2.00% RAL showing the best results. This combination resulted in an 80% decrease in PI; a 21.99% increase in MDD; a 65.42% decrease in OMC, and a 550% increase in CBR compared to the values of the standard sample. Therefore, it was concluded that the incorporation of BF and RAL in the dosages: M1 (0.25% BF + 6.00% RAL), M2 (0.50% BF + 4.00% RAL), and M3 (0.75% BF + 2.00% RAL) has stabilizing effects on clay soils.

**Keywords:** Natural Fiber, Petroleum Product, Soil, Road, Road Engineering.

## I. INTRODUCCIÓN

**A nivel mundial**, la ONU planteó en la Agenda 2030 que para la mejora socioeconómica significativa de un país es necesario que su infraestructura vial se encuentre intrínsecamente eficiente y funcional (ONU, 2015). En relación a ello, se hizo importante resaltar que dentro de la construcción de proyectos de infraestructura vial es común encontrarse con situaciones imprevistas que complican la ejecución de las obras. La mayoría de veces estas circunstancias son generadas por la gran variabilidad que poseen los suelos en sus propiedades físico-mecánicas, principalmente aquellos suelos considerados como finos. Esto debido a que no cumplen con los requerimientos mínimos normativos internacionales y nacionales (AASHTO, ASTM, MTC).

**A nivel nacional**, por medio del informe titulado “Infraestructura vial del SINAC por clase de superficie, según departamento, 2022” compartido mediante la Plataforma Nacional de Datos Abiertos del Perú. Se nos informó que en el año 2022 el Perú logró pavimentar 31 065.05 Km del total de 173 784.45 Km que conforman la infraestructura vial del SINAC, esto es equivalente a decir que se logró pavimentar el 17.88% del SINAC (Plataforma Nacional de Datos Abiertos, 2022). Asimismo, este hecho representa una mejora considerable en comparación con el año 2012 donde solo se había logrado pavimentar el 13.29% de la infraestructura vial del SINAC. En relación a esto, podemos resaltar el inminente impacto positivo que genera el crecimiento de las infraestructuras viales en el desarrollo de nuestro país. Recientes investigaciones demostraron que el crecimiento y expansión de las vías nacionales ha contribuido positivamente en el transporte y comercialización de la enorme diversidad de productos elaborados en el Perú, así como en la mejora de la eficiencia de la distribución de mercancías y servicios comercializados. En consiguiente, se hace clara su gran influencia en el progreso económico del país (Palacios, 2017). Es en este sentido que surgió la duda sobre el ¿Por qué entonces no se tiene pavimentado el 100% del SINAC? Este hecho en el Perú posee una explicación sencilla que ya ha sido mencionada; muy aparte de las consideraciones presupuestales existe el factor de gran variabilidad llamado “suelo”. Los suelos en la mayoría de proyectos de construcción cumplen con la función de fundación, es decir la de soportar cargas.

Teniendo ello en cuenta, es vital que todos los proyectos cuenten con suelos de fundación capaces de soportar las cargas previstas, evitar deformaciones considerables, poseer buena resistencia al corte, etc. Muy en contraparte a estas características se encuentran los suelos denominados como “finos”. También conocidos como los principales generadores de problemas dentro de los proyectos de infraestructura vial, esto debido a que no poseen las características técnicas y normativas mínimas para ser utilizados en los proyectos de obras viales. Generalmente debido a la urgencia de las obras se debe optar por metodologías (denominadas como “estabilización de suelos”) que mejoran las cualidades de los suelos, pero a la vez incrementan el presupuesto previsto debido a sus altos costos. En relación a ello, investigaciones recientes identificaron que muchas de estas metodologías comunes de estabilización de suelos generan impactos económicos y ambientales considerables. Respecto a lo último, el marco actual ambiental del Perú demuestra una vez más el déficit de cultura ambiental existente entre los peruanos. Situaciones como: la constante deforestación en la amazonia a manos de actividades ilícitas como la minería ambiental, el tráfico de madera y los cultivos ilegales de coca; ó el vertimiento masivo de petróleo al mar en el año 2022; ó estadísticas del MINAM (2014) donde se identificaba que Lima poseía el aire más contaminado en Latinoamérica; resultan preocupantes en gran modo y sirven como recordatorio de que aún nos falta mucho por mejorar dentro de nuestra gestión ambiental como país. En tal sentido, se hace cada vez más necesaria la incorporación de nuevas metodologías que nos permitan continuar con nuestras actividades constructivas y comerciales sin perjudicar la sostenibilidad del medio ambiente.

**En Ayacucho**, por medio del informe sobre la situación del SINAC en el año 2022 compartido mediante la Plataforma Nacional de Datos Abiertos del Perú. Se logró identificar que el departamento de Ayacucho ocupa el 5to lugar dentro de los departamentos que poseen más vías de tránsito sin pavimentar a nivel nacional (10 227.3 Km entre Afirmados, No Afirmados y Trochas). Asimismo, se logró identificar que solo el 18.05% de las vías de tránsito del departamento de Ayacucho han sido pavimentadas hasta el año 2022 (Plataforma Nacional de Datos Abiertos, 2022). En relación a ello, investigaciones atribuyeron este hecho a la existencia, en gran medida, de suelos finos por la zona. El informe denominado “Zonificación Ecológica

Económica de Ayacucho”, elaborado por el Gobierno Regional de Ayacucho (2013, p.74) identificó que más de 46 zonas dentro de su territorio, poseen suelos compuestos primordialmente por arcillas (>60%), sobre todo en la provincia de Huamanga. En consecuencia a ello, en la actualidad se logró observar el incremento de investigaciones dirigidas a solucionar la problemática de la deficiencia de las cualidades físico-mecánicas de los suelos de Ayacucho en los proyectos de infraestructura vial.

Además de eso, el informe titulado “Ayacucho: Síntesis de Actividad Económica Enero del 2023” elaborado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCR, 2023) reconoció que en el departamento de Ayacucho se produjeron 2 507 toneladas de plátano en el año 2022. Adicionalmente, se logró resaltar que solamente en el mes de marzo del año 2023 se produjeron 107 toneladas de plátano en Ayacucho (INEI, 2023). Respecto a ello, se comenta que la producción de plátano se encuentra en aumento debido a las actividades realizadas paralelamente en los departamentos de Ayacucho y Junín en el “Plan Plátano y Banano” del PROVRAEM. Por consiguiente, respecto a la producción de plátano hay ciertas consideraciones que se deben tener en cuenta. La principal es respecto al pseudotallo, una parte de la planta del plátano que en la mayoría de casos es considerada como desperdicio. Por lo que termina descomponiéndose y convirtiéndose en un foco infeccioso para los agricultores.

Asimismo, recientemente se ha logrado observar el incremento del mercado automotriz en todo el Perú. En relación a ello, el informe titulado “Flujo Vehicular por Unidades de Peaje 2022-2023” compartido por el INEI en el mes de Julio del presente año identificó que el departamento de Ayacucho tuvo un Flujo Vehicular total de 312 924 vehículos en el periodo de Julio-2022 a Julio-2023 (INEI, 2023). En concordancia a ello, el aumento imprudente de la densidad vehicular en las distintas vías a nivel nacional ha generado fuentes importantes de contaminación. Como es bien sabido, las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por los vehículos constituyen por sí mismas porcentajes considerables de participación en la contaminación del aire mundial. Adicionalmente, los lubricantes residuales generados por el mercado automotriz se constituyen como materiales altamente

contaminantes que no poseen una gestión responsable, por lo que generalmente terminan siendo vertidos y dispuestos en nuestras principales y más importantes fuentes de agua.

En relación a ello, recientes investigaciones internacionales dirigidas a encontrar nuevas metodologías sostenibles medioambientalmente de estabilización de suelos, hallaron que añadir fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado independientemente, ayudan a mejorar las cualidades físico-mecánicas de los suelos arcillosos. Por tal motivo, habiendo analizado la problemática y realidad que rodea a la provincia de Huamanga-Ayacucho, la presente investigación propuso el uso en conjunto de estos materiales dentro de la estabilización sostenible de suelos. Esto en concordancia a fomentar en el Perú, el cumplimiento del **Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 9** referente a la “Industria, Innovación e Infraestructura”. Primordialmente apoyar en el logro de las metas: “**9.1** :Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos” y la “**9.4** :De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas”.

En concordancia con lo previamente mencionado, los suelos de la provincia de Huamanga-Ayacucho crean condiciones desfavorables durante la ejecución de obras de infraestructura vial, debido a las deficientes propiedades físico-mecánicas que poseen. En relación a ello, se planteó la siguiente **pregunta general**: ¿De qué manera se estabilizarán suelos arcillosos con la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) , Ayacucho-2024? y como **preguntas específicas** se tuvieron: ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **IP** de suelos arcillosos,

Ayacucho-2024? ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en la **MDS** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024? ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **OCH** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024? ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **CBR** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024?.

**Justificación Teórica:** en relación a la variable independiente fibra de pseudotallo del plátano, esta es utilizada actualmente en el ámbito textil peruano, pero en pequeñas proporciones. Con respecto a ello, la producción textil no se abastece para poder darle un uso a todos los pseudotallos del plátano provenientes de la gran producción de plátano a nivel nacional, por lo que la mayoría de estos siguen siendo desechados dando pase a su descomposición. La presente investigación cambió la percepción sobre el pseudotallo del plátano, alejándolo de la clasificación de “desecho” para acercarlo a la de “herramienta” en el ámbito ingenieril. De igual forma, respecto a la variable independiente lubricante automotriz reciclado, este sigue aumentando en cantidad proporcionalmente al crecimiento del mercado automotriz en el Perú. En la actualidad, el lubricante residual sigue siendo considerado como un desecho por lo que la mayoría de personas tratan de deshacerse de él vertiéndolo ilegalmente, lo cual termina contaminando el medio ambiente. Asimismo, existen programas nacionales a cargo de recolectar el lubricante automotriz reciclado en las principales ciudades con el fin de almacenarlo para evitar su vertimiento, esta medida de contención no puede ser considerada como una solución debido a que todo almacenamiento tiene una capacidad, y solo es cuestión de tiempo para que la problemática empeore. La presente investigación teniendo en cuenta los efectos del lubricante automotriz reciclado en el suelo, le otorgó un segundo uso utilizándolo como estabilizante de suelos arcillosos.

**Justificación metodológica:** esta investigación planteó una nueva opción de mejoramiento de suelos arcillosos por medio de la adición de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado. A su vez, describió las herramientas

y procedimientos utilizados con el fin de consolidar los conocimientos sobre el mejoramiento sostenible de suelos. **Justificación práctica:** este trabajo representó nuestros esfuerzos para optar por el título de ingenieros civiles. Asimismo, los resultados obtenidos contribuyeron en el desarrollo de una nueva metodología factible, económica y sostenible de estabilización de suelos. A su vez, la presente investigación propuso una solución a la poca cantidad de infraestructuras viales pavimentadas en la provincia de Huamanga-Ayacucho, mediante la optimización de las características físico-mecánicas de sus suelos. **Justificación social:** se beneficiará a los más de 280 000 pobladores de la provincia de Huamanga-Ayacucho. La implementación de esta propuesta permitirá mejorar las propiedades de los suelos para fomentar la ejecución de más proyectos viales. Respecto a ello, la pavimentación de más vías permitirá mejorar las condiciones de transitabilidad, sanitización, abastecimiento y comercio de los pobladores. **Justificación ambiental:** se basa principalmente en la conservación y reutilización de nuestros recursos naturales en concordancia al desarrollo sostenible de nuestro país. Respecto a ello, al darle un segundo uso a los pseudotallos del plátano y el lubricante automotriz reciclado fomentamos su gestión responsable y reducimos su potencial como fuentes de contaminación ambiental.

La presente investigación propuso el siguiente **objetivo principal:** Evaluar la estabilización de suelos arcillosos con la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%), Ayacucho-2024 y como **objetivos específicos** se tienen: Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **IP** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en la **MDS** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **OCH** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%,

0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **CBR** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.

En la búsqueda de **antecedentes internacionales** sobre nuevas prácticas sostenibles y accesibles en temas de estabilización química de suelos para un uso ingenieril, los investigadores Del Castillo y Orobio (2020), realizaron un estudio titulado “Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado (AMU) en un suelo fino de subrasante”. Este tuvo como objetivo principal, determinar el desempeño del suelo de la subrasante combinada con diferentes porcentajes de AMU. Para esto se utilizó una metodología de investigación aplicada, de nivel exploratorio y por la naturaleza de los datos fue cuantitativa - experimental. Se realizaron ensayos en laboratorio, los cuales tuvieron como población de estudio a los suelos finos de una subrasante del medio colombiano, específicamente en la localidad de Santiago de Cali. La muestra determinada fue clasificada como un limo de alta plasticidad (MH). En el proceso de su investigación obtuvieron resultados importantes, uno de ellos fue que los Límites de Consistencia de la muestra disminuyen al incrementar el porcentaje de AMU desde 0.00% hasta un 4.00%, sin embargo con porcentajes más altos el IP aumenta. Por otro lado, la MDS aumentó en un 4.5%, 5.7% y 7% respecto al suelo natural, al aumentar el contenido de AMU en un 8%, 12% y 16% respectivamente. Por lo cual lograron concluir que, los resultados derivados con su investigación exploratoria dan lugar a que se deba realizar una mayor indagación, con el fin de estabilizar el suelo con AMU para un uso ingenieril.

Otro autor, Iqbal (2020), en su investigación titulada “Efecto del aceite de motor usado y el betún como aditivo sobre la permeabilidad y las propiedades mecánicas de suelos con bajo contenido de plástico”, tuvo como objetivo de estudio minimizar las fallas de las vías de comunicación locales de Pakistán al impartir mayor resistencia y estabilidad al suelo pobre utilizando aceite de motor usado y betún como estabilizantes. Para su investigación utilizó una metodología de investigación multinivel mediante la ejecución de un estudio comparativo y espectros infrarrojos. Según su propósito fue aplicada y por la naturaleza de los datos fue de tipo cuantitativa - experimental. La población estaba compuesta por los suelos de la carretera de Warsak, situada al noreste de Peshawar-Pakistán, y

la muestra estaba conformada por muestras de suelo extraídas de calicatas a un metro de profundidad de la sub rasante. En el trayecto de su investigación consiguió resultados importantes, al incorporar AMU en un 4%, 8%, 12%, 16%, 20% del peso seco del suelo; el primero fue que la MDS aumentó en un 4%, y el OCH disminuyó hasta un 39%. Por otro lado, el LL y el IP del suelo disminuyeron a medida que se incrementó el contenido de AMU. En este contexto se logró concluir que, para la estabilización de un suelo con aceite de motor usado el porcentaje efectivo es del 4%.

Del mismo modo, existen estudios que buscaron utilizar nuevas tecnologías de estabilización mecánica de suelos, con fibras vegetales. Tal como la investigación realizada por Bawadi et al. (2020), que lleva como título “Influencia de la fibra de plátano en la resistencia al corte del suelo arcilloso”, donde se planteó como objetivo de estudio, investigar los mecanismos influyentes de ascenso de las propiedades resistentes del suelo con la añadidura de restos vegetales provenientes de la fibra de plátano. La investigación utilizó una metodología de investigación de nivel exploratorio, tipo cuantitativa - experimental, al buscar el porcentaje óptimo de fibra de plátano mediante ensayos en laboratorio. La población considerada en este estudio fue un área de construcción de Kangar, Perlis, de la cual la muestra fueron suelos arcillosos obtenidos de 12 calicatas a un metro de profundidad cada una. En el transcurso de esta exploración se obtuvo un resultado clave, al adicionar fibras de plátano como refuerzo del suelo en 0.3%, 0.5% y 1% del peso natural del suelo, se evidenció el aumento de la resistencia en términos de CBR. Adicionalmente a ello, se realizó un estudio químico de las fibras de la planta de plátano obteniendo como resultados que su composición promedio consta de 44% de calcio, 33% de potasio, 10% de cloro, 9 % de hierro y 4% de azufre, cuya disposición influye positivamente en las características estabilizantes del suelo. Por lo que se llegó a concluir que, para aumentar la resistencia del suelo, se podrá usar como un material de refuerzo vegetal alternativo la fibra de plátano.

En concordancia a lo mencionado, un estudio realizado por Qamar et al. (2022), titulado “Aplicación sostenible de material de desecho biocompuesto de lana y plátano en ingeniería geotécnica para mejorar la deformación elastoplástica y la resiliencia de las arcillas expansivas de subrasante”, que tuvo como objetivo

principal encontrar la dosis adecuada para mejorar las propiedades de una arcilla expansiva con fibras de plátano y lana de 3 cm aproximadamente. Los autores utilizaron una metodología de investigación de nivel exploratorio – aplicada, de tipo cuantitativa – experimental, al tener el propósito de ampliar el horizonte de conocimiento en el área de ecoestabilización. Para lograrlo, consideraron una muestra compuesta por arcillas estabilizadas y no tratadas, habilitadas a su MDS y su OCH. Durante el desarrollo de esta investigación se consiguió un resultado significativo, evidenciando un aumento de 4.5 veces el CBR de la arcilla expansiva con la incorporación de fibra de plátano en 1.2% y 0.6% de fibra de lana del peso del suelo seco respectivamente. Esto dio lugar a que se concluya que, la mezcla compuesta (suelo, fibra de lana y plátano) mejora efectivamente las propiedades mecánicas de la arcilla expansiva con una cantidad efectiva de fibras de plátano del 1.2%. Adicional a ello, hace mención que existe una gran viabilidad de utilizar fibras compuestas en subrasantes con climas lluviosos.

En función de conocer con mayor precisión las propiedades mecánicas de la fibra del plátano, un trabajo de investigación realizado por Gobinath et al. (2020), que lleva como título “Refuerzo con fibra de plátano de un suelo estabilizado con silicato de sodio”, tuvo el objetivo de comprobar la idoneidad de utilizar la fibra de la planta de plátano como componente de mejora de la resistencia de un suelo. La metodología de investigación según su función fue aplicada, de nivel exploratorio, por la naturaleza de los datos fue cuantitativa - experimental, ya que tuvo como fin evaluar la interacción de las dos variables de estudio mediante un proceso sistemático. La investigación consideró una muestra compuesta por un suelo arenoso con grava, obtenido a 15 cm de profundidad de la superficie del suelo, clasificado como un suelo inorgánico. Durante el desarrollo de la investigación se consiguió resultados importantes, gracias a la inserción de 0.50% de fibras de plátano la máxima densidad seca del suelo se incrementó en un 6.36%, y el efecto positivo en el CBR fue del 1083% en comparación a la muestra de control. Sin embargo, dicho porcentaje adicionado tuvo un efecto ascendente en el Índice de Plasticidad, ya que con un 0.50% se tuvo un aumento del 145.00%, de igual manera para el Óptimo contenido de humedad, pasando de 11.00% a 12.12%. Teniendo ello en cuenta, concluyeron que al acrecentar la participación de la fibra de plátano

se obtuvieron resultados favorables principalmente el CBR; con lo que recomiendan su uso como material estabilizante en vez de desecharlo.

Por otra parte, como **antecedentes nacionales** tenemos la investigación realizada por Villanueva (2022) titulada “La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos – Chirinos, Cajamarca, 2021”; esta tuvo como meta definir en qué forma la incorporación de aceite residual automotriz optimiza las cualidades físico-mecánicas de los suelos. Para lograrlo, se apoyó en una metodología cuantitativa por la naturaleza de los datos, según su función aplicada, de nivel explicativo y por la manipulación de las variables cuasiexperimental. Asimismo, se experimentó añadiendo proporciones del 2%, 4%, 6% y 8% de aceite residual automotriz a las muestras de suelo. La investigación consideró como población al tramo Dv. Chirinos y como muestra consideró a solo 2km de este tramo. Los resultados recibidos demostraron que el suelo estudiado era de alta plasticidad, de tipo A-7-5. Asimismo, se halló que con la suma de un 4% de aceite residual el IP disminuyó un 69%. También se encontró que con la adición del 4% se obtuvieron los mejores resultados para la MDS, la cual incrementó en un 4.82%. De igual forma, mediante la adición del 8% se obtuvieron los mejores resultados para el OCH, presentando una reducción del 15.48%. También se encontró que los mejores resultados para el CBR se dieron con el complemento del 6% de AMU, con la cual el suelo presentó un incremento del 84% de su valor inicial. En tal sentido, esta investigación concluyó que adicionando el 4% y 6% de AMU se presentan los mejores efectos estabilizantes en el suelo. Por último, esta investigación recomienda que este tipo de estabilización sea considerado en normativas ambientales con el fin de prevenir la contaminación de las aguas subterráneas por infiltración.

Adicionalmente, dentro de las investigaciones realizadas en el Perú, tenemos a la de Janoca (2021), la cual lleva por título “Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021”, aquí se planteó como objetivo definir en qué forma interviene el aceite residual en las cualidades de la subrasante de la carretera Platería Perka del departamento de Puno. Para lograrlo, se utilizó una metodología de investigación explicativa con un enfoque cuantitativo - cuasi experimental.

Durante la investigación se experimentó añadiendo proporciones del 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% de aceite residual automotriz a las muestras de suelo. La investigación consideró como población a los suelos de la carretera Platería Perka en Puno; y como muestra consideró a los suelos de la progresiva 6 +700.00 Km de esta carretera. Los resultados obtenidos demuestran que la adición de aceite residual mejora la compactación de los suelos, aumentando la MDS. Asimismo, se logró observar la relación inversamente proporcional entre el OCH y el % de aceite residual adicionado. También se halló que el CBR aumentó proporcionalmente al % de aceite residual agregado. Respecto a ello, el máximo valor para el CBR se dio con la incorporación de 3.5% de aceite residual, obteniendo el doble del valor del CBR del suelo natural. Por consiguiente, esta investigación logró concluir que se da una dependencia inversa entre el contenido de aceite residual y las propiedades mecánicas de los suelos. En tal sentido, se recomendó utilizar el aceite como estabilizador de subrasantes en un rango del 1.5% al 3.5%.

Por otro lado, la investigación realizada por Guerra y Mosqueira (2020) titulada “Capacidad Portante de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes” tuvo como meta decretar la capacidad resistente de 3 muestras de suelos arcillosos con la adición de FP de 2.5 cm de longitud en dosificaciones del 0.25%, 0.50% y el 0.75%. Para lograr esto se respaldaron en una metodología de enfoque cuantitativo y de diseño cuasi experimental. Tal cual menciona el título de la investigación, la muestra estuvo compuesta por 3 muestras de suelos arcillosos. Los resultados obtenidos demostraron que el suelo estudiado era un suelo arcilloso pobre a malo, clasificado como un A-7-5. Asimismo, se notó la disminución del COH durante la adición de las 3 dosificaciones. En relación a ello, para la muestra N°1 se tuvo que la incorporación del 0.25% de fibra incrementó en 0.293 y 0.285 el CBR para el ensayo a 0.1” y 0.2”. Muy al contrario, la incorporación del 0.50% y 0.75% redujo el CBR del suelo en 0.172 y 0.219 respectivamente (para el ensayo a 0.1”); y en 0.210 y 0.250 respectivamente (para el ensayo a 0.2”). Para la muestra N°2, se obtuvo el mayor incremento en el CBR del suelo para 0.1” y 0.2” con la adición del 0.25% de fibras. Con la adición del 0.5% y el 0.75% de fibras el valor del CBR no presentó cambios importantes. Para la muestra N°3, la dosificación con el 0.25% de fibras presentó los mejores resultados de incremento del CBR. Por otra parte, en esta muestra de

suelo las dosificaciones del 0.5% y el 0.75% produjeron una reducción del CBR en ambos ensayos, al 0.1" y el 0.2". En tal sentido, la investigación concluyó que la adición del 0.25% de fibras de pseudotallo como estabilizante de suelos influye efectivamente en la capacidad resistente de los suelos arcillosos. Por lo que se recomendó utilizar esta dosificación para la estabilización de suelos.

Con un fin parecido, se tiene la investigación de Sánchez (2021) que lleva por nombre "Evaluación de la fibra de plátano en las propiedades mecánicas de la subrasante en suelos arcillosos, La Palma, Tumbes-2021", esta consideró como meta estudiar la influencia de la FP de 6 cm de longitud en las cualidades mecánicas de la subrasante en suelos arcillosos, mediante su incorporación en dosificaciones del 0.5%, 1% y 1.5%. Para lograrlo se apoyó en una metodología de nivel explicativo, con enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental. La investigación consideró como población a la Av. San Martín en La Palma-Tumbes; por lo que se consideró como muestra a los suelos de una de las calles colindantes a esta avenida. Los resultados obtenidos indican que el mayor incremento en el valor del CBR tanto para el 95% y 100%, se dieron haciendo uso de la dosificación del 0.5%. Respecto a ello, se logró observar la relación inversa entre el valor del CBR y el % de fibras adicionadas. Asimismo, se halló que la adición del 0.5% presentó el mayor valor para la MDS, en contraparte no se dieron cambios importantes en los valores del OCH con la adición de fibras. También se encontró que el menor IP se obtuvo con la adición del 0.5% de fibras de plátano. Teniendo ello en cuenta, la investigación concluyó que es factible el uso de FP como método estabilizante de suelos arcillosos, siendo la dosificación más recomendada la del 0.5%. Por último, se recomendó usar esta metodología para la estabilización de suelos de la zona, ya que existe una alta producción de plátano.

De igual manera, la investigación de Mija (2021) titulada "Estabilización del suelo adicionando fibra de banano - aceite de limón, PE1N – Km 1016 Panamericana Norte, distrito veintiséis de octubre - Piura, 2021", tuvo como meta optimizar las propiedades mecánicas de suelos limo-arcillosos para que puedan ser usados como subrasante en el área de investigación. Para lograrlo se apoyó en una metodología de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, diseño de tipo experimental y un alcance descriptivo-explicativo. La investigación consideró una longitud de 4

cm para las fibras de pseudotallo de plátano adicionadas. Asimismo, este trabajo consideró como población al tramo +1 060.00 Km de la carretera Panamericana Norte en Piura. Del mismo modo, la muestra estuvo compuesta por 4 calicatas de 1.5m x 1.5m x 1.5m de dicho tramo. En tal sentido, esta investigación trató de hallar la combinación de dosificaciones de fibra de banano (8%, 10% Y 12%) y aceite de limón (0.30L, 0.35L y 0.40L) con mejores resultados en la estabilización de suelos. Los resultados obtenidos demostraron que a mayor dosificación se presenta una mayor MDS. Asimismo, en todas las pruebas se identificó el aumento del CBR en más del 1000% con la incorporación de fibra de banano y aceite de limón. En tal sentido, la investigación concluyó que el uso de fibras de banano y aceite de limón mejoran las características mecánicas de los suelos limosos arcillosos, representando una opción factible pero muy costosa para el mejoramiento de suelos. Por último, la investigación recomendó realizar estudios parecidos considerando otras sustancias aceitosas cuyo procesamiento y costeo sea más asequible.

Adicionalmente a estos antecedentes de investigación, resulta de gran importancia tener claros algunos **enfoques y teorías** sobre el tema. En este sentido, las **vías de tránsito** a nivel internacional, nacional y local son parte fundamental de la infraestructura de transporte, estas descargan un papel fundamental en la movilidad y conectividad de los individuos y sus bienes. Asimismo, el MTC (2018) en el Manual del Diseño Geométrico de Carreteras, precisa que una carretera es un componente principal donde se desarrolla de manera eficaz el tránsito de vehículos motorizados; cuyas características geométricas que la identifican son: superficie de rodadura, sección transversal, pendientes, y muchos más elementos (p.10).

Según el MTC (2018, pp.12-14), en el manual de DG, existen dos maneras de **clasificar** una carretera: por su demanda y su orografía. Para la clasificación de carreteras por la demanda que presenta, se tienen 6 tipos que están asociados al Índice Medio Diario Anual (IMDA), tal como se observa en la Tabla 1. Por otro lado, se clasifica según su ubicación orográfica, y está directamente relacionada a las pendientes del eje de vía.

**Tabla 1***Distribución de vías según su IMDA.*

<b>Tipo</b>	<b>Valor de IMDA</b>
Autopistas 1° Clase	$> 6,000$ veh/día
Autopistas 2° Clase	$6,000 \geq y > 4,000$ veh/día
Carreteras 1° Clase	$4,000 \geq y > 2,000$ veh/día
Carreteras 2° Clase	$2,000 \geq y \geq 400$ veh/día
Carreteras 3° Clase	$< 400$ veh/día
Trochas Carrozables	$< 200$ veh/día

*Nota.* Fuente: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, p.12, 2018.

Conforme a ello, las estructuras viales constan de varios **componentes** que la hacen funcional, tales como la subrasante, subbase, base, pavimento, berma, cunetas, entre otros más. Estos componentes son fundamentales para construir vías seguras y eficientes. De aquí la importancia de contar con una **subrasante** de buena calidad que garantice la durabilidad y el rendimiento para los años que fue diseñada. Según el MTC (2014, p.24), la subrasante de un camino viene a ser aquella superficie culminada que mediante un proceso de corte o relleno quedará nivelada con el fin de que se coloque la estructura del afirmado o pavimento. Asimismo, estos suelos que lo conformarán deberán cumplir con ciertos requisitos mínimos para ser utilizados, de lo contrario se deberán utilizar métodos de estabilización química o mecánica, para que posteriormente sea definido según su capacidad de soporte, tal cual se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2***Subrasante: Categorización*

<b>CATEGORÍAS</b>	<b>CBR</b>
S <sub>5</sub> : Excelente	$CBR \geq 30\%$
S <sub>4</sub> : Muy Buena	$30\% > CBR \geq 20\%$
S <sub>3</sub> : Buena	$20\% > CBR \geq 10\%$
S <sub>2</sub> : Regular	$10\% > CBR \geq 6\%$
S <sub>1</sub> : insuficiente	$6\% > CBR \geq 3\%$
S <sub>0</sub> : Inadecuada	$CBR < 3\%$

*Nota.* Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, (p.120), MTC, 2014.

La definición de “**suelo**” tiende a ser interpretada de diferente manera de acuerdo con la aplicación o interés. En el ámbito ingenieril, para Mejía de Gutiérrez et al. (2020), el suelo como componente es un sustrato de partículas minerales no consolidadas, que está formado por un sistema de múltiples fases, tales como la gaseosa, la sólida y la líquida. Es necesario mencionar que uno de los propósitos de este es servir como soporte de varias obras de ingeniería (p.203). Asimismo, el suelo según la definición de la RAE viene hacer una capa superior perteneciente a la corteza terrestre que puede estar compuesto por partículas y organismos. Por consiguiente reforzando esta idea, algunos autores como KUMAR, en un capítulo de su libro titulado “Soil Genesis, Survey and Classification” hace mención a la definición del suelo como el resultado de un proceso incluyente donde intervienen la materia orgánica, organismos, minerales, y agua, además explica que este se forma gracias a un complejo proceso en el que pueden intervenir la erosión de rocas, el clima, el material, los microorganismos, etc. (2019, p.139).

Los suelos tienden a pasar por un ciclo directamente relacionado a la base de su **origen**. De tal forma que mediante los procesos de intemperismo se van creando los suelos, empezando con la solidificación del magma por el proceso de enfriamiento, seguido de la descomposición mecánica y química, y luego estos quedan expuestos a permanecer en el mismo lugar o ser transportados por otros agentes externos. De acuerdo a ello, el suelo estará conformado por diferentes tamaños de partículas, y esto le da lugar a que sean clasificados y/o conocidos como grava, arena, limo y arcilla. En la actualidad existen diversas organizaciones que cuentan con métodos y procedimientos para determinar el tamaño del suelo (Braja, 2015, p.28).

Para poder entender con una mayor claridad a los suelos, se debe conocer sus **propiedades físicas y mecánicas**. Respecto a ello, Aguirre y Yépez (2019, p.14), mencionan que el estudio de las características y comportamientos físicos y mecánicos de los suelos se basa en conocer la composición, textura, color, densidad, porosidad, permeabilidad, tamaño, forma de las partículas, compactación, cohesión, compresibilidad, expansión, contracción, resistencia al corte y plasticidad de los suelos. Esto nos permitirá comprender mejor su comportamiento en diferentes escenarios determinados. Asimismo, los atributos y

acciones relacionados con la estructura y fuerzas de los suelos tienen una influencia directa en la estabilización de suelos. Es por ello que los suelos pueden ser clasificados de acuerdo a las propiedades similares que comparten en un contexto ingenieril. Actualmente existen dos reconocidos métodos de clasificación de suelos: AASHTO y SUCS, los cuales utilizan la distribución de las diversas partículas del suelo (granulométrica) y su plasticidad para clasificar a los suelos (Braja, 2015, p.78).

Respecto a ello, la **granulometría** identifica la variedad e incidencia de tamaños de partículas que posee un suelo y juega un papel muy significativo en el reconocimiento de las cualidades físicas de los suelos, tal como se detalla en la Tabla 4. Conforme a ello, El MTC (2016, p.44) menciona que, el objetivo del ensayo MTC E 107 determinado por la normativa, es conocer de manera cuantitativa la variedad e incidencia de las dimensiones de partículas que conforman un suelo. Este ensayo se encuentra referenciado internacionalmente en la normativa ASTM D 422, donde los equipos a utilizar son 2 balanzas, estufa y tamices según la Tabla 3. Los porcentajes de suelo retenido en cada tamiz se calculan con la expresión matemática N° 1:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} * 100 \quad (1)$$

**Tabla 3**  
*Tamices de malla cuadrada.*

TAMICES	ABERTURA (mm)
N° 200	0,075
N° 140	0,106
N° 60	0,260
N° 40	0,425
N° 20	0,840
N° 10	2,000
N° 4	4,760
3/8"	9,500
3/4"	19,000
1"	25,400
1 1/2"	38,100
2"	50,800
3"	75,000

*Nota.* Adaptada del Manual de Ensayo de Materiales, p.44, del MTC, 2016.

**Tabla 4***Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas.*

<b>Tipo de material</b>	<b>Tamaño de partículas</b>
Grava	4.75 mm a 75 mm
Arena Gruesa	2.00 mm a 4.75 mm
Arena Media	0.425 mm a 2.00 mm
Arena Fina	0.075 mm a 0.425 mm
Limo	0.005 mm a 0.075 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

*Nota.* Fuente: MTC, 2014: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

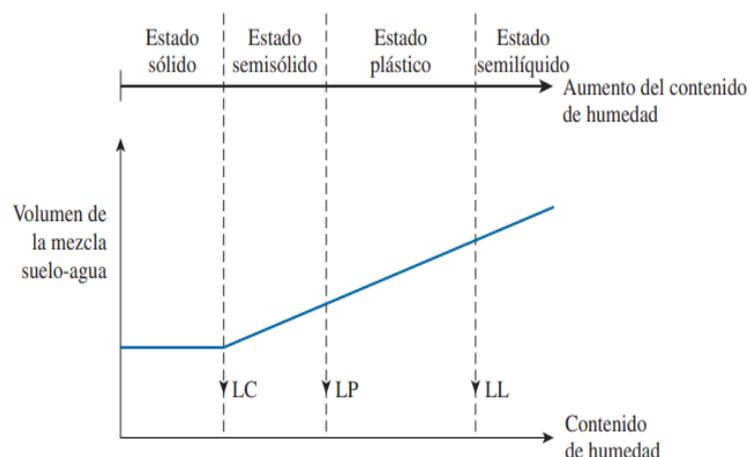
Continuamente, determinar el **Contenido de Humedad** (MTC E 108), de un suelo es muy importante, ya que abre camino a estudiar la conducta ingenieril del suelo, debido a que la humedad que presente estará directamente asociada a la densidad de la muestra. El **MTC** (2016, p.49) indica que la finalidad es encontrar el peso del agua alojada entre las partículas del suelo, de manera porcentual al peso de la masa muestreada. Referenciado internacionalmente en la normativa ASTM D 2216, en las que los materiales y equipos para ejecutar dicho ensayo son: horno de secado (temperatura  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), balanzas, recipientes, desecador (opcional) y utensilios para manipulación de recipientes, cuyo espécimen del ensayo no debe ser menor a lo requerido. La identificación del contenido de humedad se realiza mediante la expresión N° 2.

$$W(\%) = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} * 100 \quad (2)$$

En cuanto a los **límites de consistencia**, Gallardo et al. (2020, p.7) indican que los suelos con alto contenido de arcilla presentan baja resistencia al corte, alta deformabilidad, cambios volumétricos debido a la variación del contenido de humedad; por lo que estos factores impactan de manera negativa en la estabilidad de la subrasante en proyectos viales, por lo que es esencial estabilizarlos para tener un mejor desempeño bajo las diferentes sollicitaciones.

Los ensayos aplicables para la identificación del **Límite Líquido (LL)** y **Límite Plástico (LP)** de un suelo, suelen ser correlacionados para identificar su comportamiento en el campo ingenieril. Respecto a ello, la NTP 339.129 hace mención acerca de los límites de consistencia que son utilizados frecuentemente en ingeniería, tales como el **LL**, el **LP** y en ciertos casos el límite de contracción (**LC**). Sobre ellos, indica que el LL es la cantidad de humedad (%), con la que el suelo se sitúa entre el estado líquido y el plástico. Por otro lado, para el LP se encuentra entre los estados plástico y semisólido, tal como se representa en la Figura 1. En relación a ello, el **Índice de Plasticidad (IP)**, viene a ser la resta entre los valores del LL y LP, representando este valor el nivel de plasticidad del suelo (2019, p.11).

**Figura 1**  
*Límites de Atterberg.*



*Nota.* Fuente: Fundamentos de la ingeniería geotécnica (p.16), Braja, 2015.

Conforme a ello, el ensayo MTC E 110 compartido por el MTC (2016, p.67), referente a la determinación de **Límite Líquido**, menciona que los materiales, equipos e insumos que se debe considerar para realizar dicho ensayo son: acanalador, calibrador, depósito para almacenaje, pesa filtros, balanza, estufa ( $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), espátula, Copa de Casagrande y agua destilada. En relación a ello, el procesamiento de datos del LL se realiza con la expresión N° 3.

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad (3)$$

Donde:

$N =$  Total de golpes empleados para cerrar la ranura.

$W^n =$  Contenido de humedad de la muestra.

De igual manera, el ensayo MTC E 111 compartido por el **MTC** (2016, p.72), referente a la determinación de **Límite Plástico**, menciona que los materiales, equipos e insumos que se debe considerar para realizar dicho ensayo son: espátula de hoja maleable, vasija para almacenaje, báscula, estufa, Tamiz (N° 40), vidrios de reloj, agua destilada, y plano de rodadura. En relación a ello, el procesamiento de datos del LP se realiza con la expresión matemática N° 4.

$$LP = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{peso de suelo secado al horno}} * 100 \quad (4)$$

Teniendo ello en cuenta, el **IP** resultará de resolver la operación N° 5. Pudiendo adicionalmente a ello, interpretar el valor obtenido mediante la Tabla 5:

$$IP = LL - LP \quad (5)$$

**Tabla 5**

*Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20; IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

*Nota.* Fuente: MTC, 2014: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Para poder conocer e identificar las cualidades **mecánicas** de un suelo, tales como: la resistencia al corte, el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, cohesión, compresibilidad, expansibilidad, resistencia a la compresión, entre otros. El MTC (2016), en su guía de ensayos de materiales da a conocer diferentes

métodos para conocer las propiedades mecánicas de los suelos. Estos ensayos serán descritos a continuación:

Conforme a ello, para conocer la **máxima densidad seca (MDS)** y **óptimo contenido de humedad (OCH)** de un suelo bajo condiciones controladas de compactación, el MTC (2016, p.105) presenta el ensayo de laboratorio MTC E 115: **Proctor Modificado**, referenciado internacionalmente en la normativa: ASTM D 1557. En este se proporcionan tres métodos alternativos (A, B, C), los cuales se diferencian respecto a la gradación del material a ensayar. Finalmente, se podrá obtener los valores de la MDS y el OCH apoyándonos en las expresiones N° 6, N° 7 y N° 8.

$$\rho_m = 1000 * \frac{M_t - M_{md}}{V} \quad (6)$$

Donde:

$\rho_m$  = Masa por unidad de volumen del agua a la temperatura de prueba (Mg/m<sup>3</sup>)

$M_t$  = El peso del suelo mojado junto con el molde (kg)

$M_{md}$  = El peso del molde (kg)

$V$  = Volumen del molde (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}} \quad (7)$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca de la muestra compactada (Mg/m<sup>3</sup>)

$W$  = La cantidad de agua presente en el material (%)

$$W_{sat} = \frac{\gamma_w * G_s - \gamma_d}{\gamma_d * G_s} * 100 \quad (8)$$

Donde:

$W_{sat}$  = Contenido de agua para un máximo nivel de humedad (%).

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua:  $\frac{9,807kN}{m^3}$ .

$\gamma_d$  = Peso del suelo sin humedad por unid. de volumen ( $\gamma_d = 9.807 * \rho_d$ )

$G_s$  = Gravedad específica de la muestra.

Por otro lado, para conocer la **resistencia de los suelos**, existe un ensayo conocido como **CBR** (Valor Relativo de Soporte). En tal sentido, el MTC (2016, p.248) hace mención al ensayo MTC E 132, cuya finalidad es identificar la resistencia potencial de un material destinado a un uso ingenieril. Este ensayo se encuentra referenciado en la norma internacional ASTM D 1883. Finalmente, los

cálculos a realizar serán: humedad de compactación, densidad, agua impregnada, influencia de penetración, expansión y el valor de la relación de soporte (índice resistente de soporte); haciendo uso de las expresiones N°9 y N°10 para calcularlos.

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} * 100 \quad (9)$$

Donde:

*H = La humedad establecida previamente.*

*h = Humedad natural*

$$\% \text{ expansión} = \frac{L_2-L_1}{127} * 100 \quad (10)$$

Donde:

*L<sub>1</sub> = El valor inicial en milímetros.*

*L<sub>2</sub> = El valor final en milímetros.*

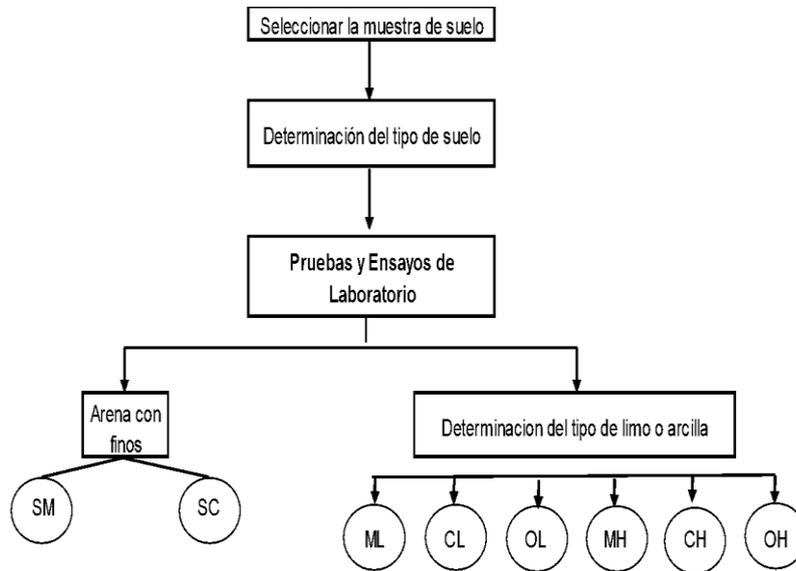
Avanzando en el tema, la **estabilización** viene hacer aquella técnica que se usa para optimizar las cualidades físico-mecánicas de un suelo sin importar el proceso empleado. Respecto a ello, Llano et al. (2020) mencionan que se busca alternativas de mejora del suelo con el objetivo de obtener un beneficio importante en las cualidades del suelo tales como: optimizar la estabilidad volumétrica, , disminuir la deformación, reducir el asentamiento, aumentar la resistencia mecánica, controlar la cantidad de partículas de arcilla/limo, reducir la permeabilidad, mejorar la compresibilidad, disminuir la plasticidad y mejorar la durabilidad, para darle un uso ingenieril (p.3).

De igual manera, el libro titulado “**Estabilización de suelos**” del reconocido investigador Montejo, manifiesta que estabilizar un suelo es buscar de alguna forma práctica, mejorar sus propiedades físicas y mecánicas optando por cualquier sistema, ya sea de manera mecánica o química, teniendo en cuenta que este conserve las nuevas propiedades adquiridas. De acuerdo a ello, se puede definir a la estabilización, como aquel proceso que consiste en mezclar una proporción adecuada de un determinado aditivo, con el fin de generar reacciones químicas que consoliden las partículas del suelo, mejorando significativamente sus propiedades (2018, pp.13-14). Según el MTC (2014) se debe estabilizar un suelo cuando este cuente con un CBR ≤ 6% y su composición sea limosa o arcillosa. Para identificar

el tipo adecuado de estabilización de suelos se debe seguir un proceso de identificación y posteriormente de selección del tipo (p.90). A continuación, se muestran los flujogramas de dichos procesos, presentados en las Figuras 2 y 3:

**Figura 2**

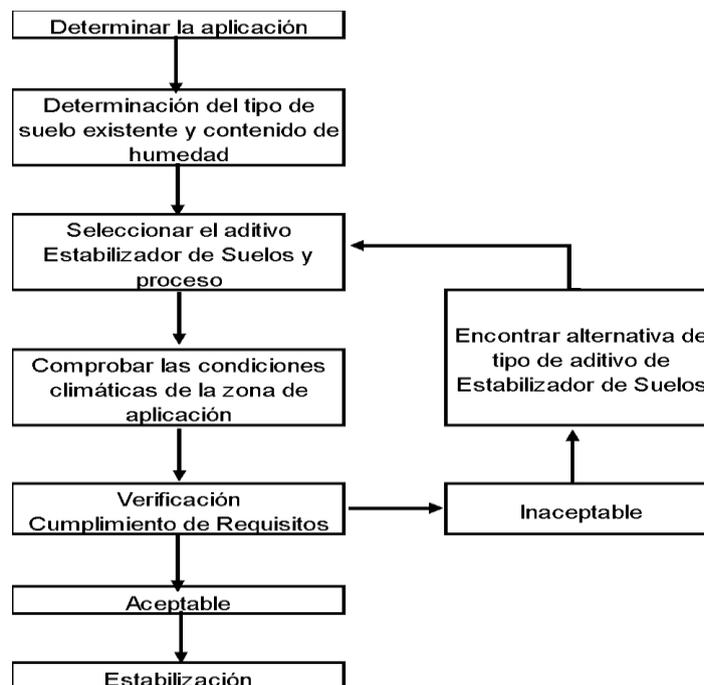
*Identificación del tipo del suelo.*



*Nota.* Adaptado de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.90), por MTC, 2014.

**Figura 3**

*Selección del tipo de estabilización.*



*Nota.* Adaptado de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.90), por MTC, 2014.

Dentro del requerimiento de poder optimizar las cualidades del suelo, la ciencia descubrió varios **tipos de estabilización** tales como: estabilización mecánica, química, eléctrica (de manera temporal) y térmica, siendo las dos últimas no muy utilizadas ni reconocidas. Respecto a ello, Fondjo en su investigación científica revela que la **estabilización mecánica** tiene como objetivo reducir la expansión potencial y el hinchamiento de un suelo, sin hacer cambios notables en su composición química. Sintetizando dicha información se consigue deducir que la estabilización mecánica se puede realizar mediante una compactación, reemplazo del suelo, mezcla de varios suelos, pre humedecimiento, ciclos de mojado – secado y el **refuerzo del suelo**. Este último mecanismo de mejora del suelo, se fundamenta en incluir materiales de alta resistencia a la tracción, adquiriendo así una mejora en el desempeño al corte del suelo (2021, p.1298). Por otra parte, **la estabilización química** se caracteriza por utilizar materiales o productos que modifican la composición del suelo. En tal sentido, Mejía de Gutiérrez et al. (2020, p.206) indican que, la estabilización química tiene un amplio alcance, ya que este método puede ser utilizado en varios tipos de suelos, con un único fin de atenuar los problemas que se generan en obra (tales como la inestabilidad de una subrasante de vía), de tal manera que gracias a este proceso se mejoren las propiedades principales resistentes del suelo. En relación a lo mencionado, los materiales mayormente utilizados como estabilizadores químicos son el cemento y la cal; sin embargo, también existen productos como el cloruro de sodio, cenizas volantes, escoria de alto horno, cloruro de sodio, etc.

En su reciente investigación, Pedraza (2019) define a las **fibras** como aquellas que se caracterizan por poseer diámetros pequeños en comparación con su gran longitud, asimismo informa que estas pueden ser clasificadas según su origen, propiedades físicas y composición química (p.29). En relación a esta clasificación, las **fibras naturales** son definidas como aquellas fibras que se originan en la naturaleza. Estas a su vez se pueden clasificar en: fibras vegetales, fibras animales y fibras minerales (Medina et al, 2022, párr.36). Las **fibras vegetales** son aquellas fibras obtenidas a partir de los tallos, semillas, frutos y hojas de las plantas. Su uso más popular en el Perú se dio con el junco y la totora. En la actualidad este material se sigue utilizando en el ámbito textil debido a sus propiedades biodegradables y su excelente desempeño a la tracción y la rigidez,

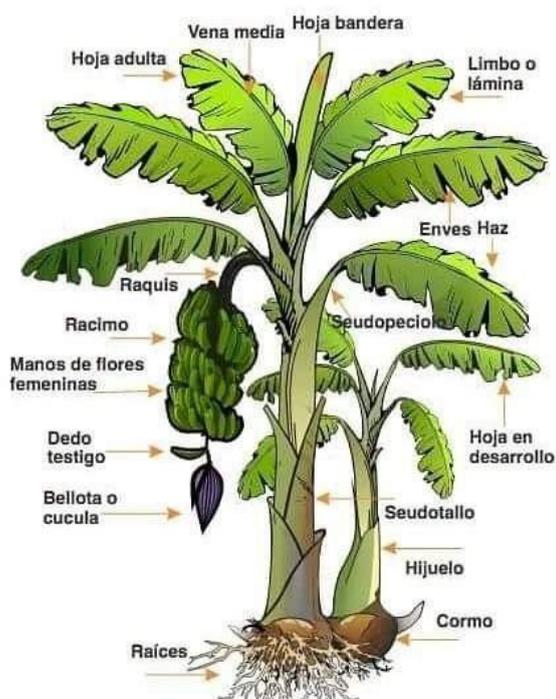
por lo que constituyen una opción muy viable en varios sectores productivos (Yasir et al, 2021). Respecto a la **estabilización de suelos con fibras**, múltiples investigaciones recientes recomiendan el uso de las fibras (tanto sintéticas como naturales) como estabilizantes de suelos. Con respecto a ello, mencionan que al incorporar las fibras dentro de la matriz del suelo, estas imitan el comportamiento de las raíces con lo que optimizan las cualidades mecánicas de los suelos. Adicionalmente a ello, recalcan la gran influencia que están tomando las fibras vegetales en este ámbito, debido a sus prometedores resultados, su bajo costo y su bajo impacto en el medio ambiente (Medina et al, 2022, párr.36).

El plátano o banano tiene sus orígenes en una hierba de grandes dimensiones conocida como **planta del plátano**. En relación a ella, se comenta que esta no es definida como “árbol” debido a que su composición se basa netamente en la prolongación de sus grandes hojas (Moore, 2023). Por consiguiente, como partes de la planta del plátano, tal como se detalla en la Figura 4, encontraremos al **rizoma**, el cual es un tipo de tallo de crecimiento horizontal subterráneo que representa al órgano de reproducción asexual de la planta del plátano. Asimismo, encontraremos al **corazón**, también denominado como ombligo o tallo floral, este corresponde a la parte de la planta de plátano ubicada en el centro del pseudotallo, donde se encuentra rodeada de capas de vainas vegetales. Por otra parte, está el **raquis** el cual es considerado como el tallo de la inflorescencia debido a que va desde la primera mata hasta la yema masculina; cumple la función de tallo principal de las hojas compuestas. También se encuentra el **racimo** el cual corresponde al conjunto de plátanos que nacen como frutos, estos se sostienen de un único tallo.

Respecto al **plátano**, es un fruto cuyo cultivo se remonta a hace más de 10.000 años en la época del Neolítico. En relación a ello, las primeras versiones de este fruto no eran del todo comestibles debido a la dureza de sus semillas. Esto cambió con una mutación realizada en el sureste de Asia de la cual se obtuvo el plátano que actualmente conocemos. Adicionalmente a este logro, con el pasar del tiempo se han ido conformando más variedades de este producto hasta llegar a las más de 500 variedades que poseemos actualmente. El gran éxito que posee el plátano se debe principalmente a sus propiedades nutritivas y a la facilidad de su producción. Respecto a su producción, el boletín de “Agro en Cifras-2022”

compartido por el MIDAGRI menciona que la producción de plátano en el Perú había aumentado un 2.4% en comparación con el año 2021. Esto se justifica en los más de 2.4 billones de toneladas de plátano que fueron producidos en el año 2022. (MIDAGRI, 2022).

**Figura 4**  
*Partes de la planta del plátano.*



*Nota.* Fuente: InfoAgro

También como parte de la planta del plátano se tiene al **pseudotallo**, el cual está conformado por un conjunto apretado de vainas foliares, las cuales producen ese efecto visual que se asemeja a un tallo. Asimismo, es la parte encargada de soportar y sostener el peso de la propia planta. El pseudotallo puede medir alrededor de 3 a 5 m y alcanza alturas máximas de 8 m con las hojas. Si bien se compone principalmente de agua (96%), posee la resistencia suficiente para soportar racimos de hasta 50 kg (Pedraza, 2019, p.38).

En relación a lo mencionado, las **fibras de pseudotallo del plátano** suelen presentar variabilidad en sus siguientes propiedades: su composición química (debido a su degradación natural y la influencia de aditivos químicos); su composición mecánica (resistencia a esfuerzos de tracción, flexión, compresión e

impacto) y su composición física (rugosidad, color, humedad, grosor, largo, etc.), como se puede observar en la Tabla 6. Estas variaciones están ligadas comúnmente a la metodología de extracción de las fibras y a la finalidad para la cual se las está extrayendo. Adicionalmente es válido mencionar, que las fibras de pseudotallo del plátano están ganando popularidad en el sector productivo debido a sus excelentes propiedades y su bajo impacto en el ambiente (Pedraza, 2019, p.36). Respecto a ellas, estadísticas recientes informan que un promedio del 11% del peso del pseudotallo puede ser recuperado para la obtención de estas fibras (González, 2019, p.51).

**Tabla 6**

*Propiedades de la fibra de pseudotallo del plátano.*

<b>Constituyente/Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Diámetro (mm)	0,245–0,311
Contenido de humedad natural (%)	67
Elongación de rotura (%)	1,9–4,7
Contenido de celulosa (%)	64
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.23
Longitud (mm)	28–46
Deformación final (%)	4.1–5.7
Gravedad específica	1.17
Color	marrón

*Nota.* Fuente: Qamar et al (2022).

Por otra parte, a nivel mundial el **petróleo crudo** puede ser definido como un recurso natural conformado por varios compuestos de hidrocarburos. En relación a ello, los **aceites lubricantes** son compuestos obtenidos a partir del petróleo crudo que ayudan en el correcto funcionamiento de los vehículos. Sus principales funciones son lubricar las piezas móviles, reducir la fricción, enfriar los componentes de los vehículos, limpiar la suciedad, evitar el desgaste y sellar las juntas (Ortega, 2023, párr.1). Durante el uso de los aceites lubricantes estos alcanzan temperaturas elevadas; las cuales terminan descomponiendo el aceite y debilitando sus propiedades, tal como se observan en la Tabla 7; es en el momento cuando los aceites reducen su rendimiento por este proceso que pasan a ser denominados como **lubricantes automotrices reciclados** (Sotomayor, 2023). En relación a ello, la disminución del rendimiento de los aceites lubricantes es atribuida

a que luego de su uso los aceites lubricantes se contaminan; ya que comienzan a presentar porcentajes importantes de agua, aceite diluido, hollín y metales provenientes del desgaste de los motores. Debido a ello, estos aceites no pueden volver a ser utilizados como lubricantes (Del Castillo, 2020).

**Tabla 7**  
*Propiedades del aceite de automotriz reciclado.*

Propiedad	Valor
Color	Negro Azulado
Punto de inflamación y combustión (°C)	161, 167
Viscosidad cinemática (cst a 100°C)	8.19
Densidad de peso (kN/m <sup>3</sup> )	8.7

*Nota.* Fuente: Iqbal et al (2020).

En la actualidad, una de las metas medioambientales que se trata de alcanzar es la reducción de la contaminación de los suelos. Respecto a ello, los avistamientos más comunes de participación de los lubricantes residuales en los suelos, es en grandes proporciones. Esto debido al vertimiento irresponsable de estos residuos en nuestro territorio. En consecuencia, es normal que se etiquete a los lubricantes residuales como materiales contaminantes. Sin embargo, los avistamientos recientes usaron proporciones desmedidas las cuales no solo representan un riesgo para la sostenibilidad de los suelos, sino también para nuestras reservas hídricas subterráneas. En relación a ello, se ha logrado identificar que los cambios producidos por el lubricante residual en los suelos son: afectación en la porosidad, la conductividad y un cambio casi imperceptible en la textura y el Ph (Mayco, 2020).

Por último, en relación a lo descrito la presente investigación planteó la siguiente **hipótesis general**: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en la estabilización de suelos arcillosos, Ayacucho-2024 y como **hipótesis específicas**, se tienen: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el **IP** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. La incorporación

de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en la **MDS** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el **OCH** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el **CBR** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.

## II. METODOLOGÍA

En cuanto al **tipo de investigación**, Álvarez (2020) define a la investigación aplicada como aquella que busca producir nuevos conocimientos que puedan ser aplicados en la solución de problemas prácticos reales (p.3). En tal sentido, la presente investigación fue de tipo **aplicada**, debido a que se orientó en generar una nueva metodología sostenible de estabilización de suelos. Sobre todo, una metodología que se pueda aplicar actualmente en la pavimentación de las vías de Huamanga-Ayacucho.

En relación al **enfoque de la investigación**, Padilla y Marroquín (2021) definen al enfoque cuantitativo como aquel caracterizado por usar herramientas matemáticas y estadísticas para lograr sus objetivos. Asimismo, mencionan que este enfoque permite identificar relaciones causales entre variables mediante su cuantificación, medición, observación y experimentación controlada. Adicionalmente este enfoque se caracteriza por: la representatividad y generalización de sus resultados; su capacidad de probar hipótesis y teorías; y su capacidad explicativa-predictiva (parr.3). En tal sentido la presente investigación aplicó un **enfoque cuantitativo**, debido a que: se basó netamente en valores numéricos; identificando las consecuencias de la adición de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades del suelo; facilitando la réplica y generalización de sus resultados en contextos prácticos más amplios.

En relación al **diseño de investigación**, Ramos (2021) menciona que el diseño cuasi experimental es aquel en el cual se cuenta con dos categorías de la variable independiente: una experimental y otra de control. Con respecto a estas, los resultados causados en la variable dependiente deben ser evaluados de la misma forma en ambas categorías. Asimismo, informa que este tipo de diseño de investigación se caracteriza por la determinación no aleatoria de su muestra (p.5). En tal sentido, la presente investigación aplicó un **diseño cuasi experimental** porque se experimentó con las dosificaciones adicionadas al suelo, de las dos variables independientes (fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado). Del mismo modo, se compararon los efectos de las variables

independientes en las muestras experimentales con respecto a las muestras naturales. Por último, se destaca que las muestras de suelo a analizar no fueron determinadas aleatoriamente.

Acerca del **alcance de la investigación**, Ramos (2021) define a la investigación **explicativa** como aquella que busca explicar los fenómenos observados durante la investigación. Adicionalmente, esta es reconocida por plantear hipótesis y establecer relaciones causales entre las variables analizadas en la investigación. En tal sentido, esta investigación fue de **alcance explicativo**, debido a que se determinó la relación causal de la adición de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las cualidades físico-mecánicas del suelo. Del mismo modo, la presente investigación se apoyó en el planteamiento de hipótesis iniciales que fueron verificadas durante el proceso de experimentación. Por otra parte, el presente trabajo logró explicar el origen de los resultados obtenidos. Por último, la presente investigación fue de **corte transversal**, debido a que el análisis y medición de las variables se dio una sola vez y en un momento determinado (Rodríguez, 2018, p.2).

Para la definición conceptual de la **variable dependiente** se tuvo el estudio de Llano, et al. (2020), donde indica que la **estabilización de suelos** viene hacer aquella técnica que se usa para optimizar las cualidades físico-mecánicas de un suelo sin importar el proceso empleado, conllevando a tener un beneficio importante en las características del suelo tales como; la mejora en la estabilidad volumétrica, el aumento de la resistencia mecánica, la disminución de la deformación, reducción del asentamiento, reducción de la permeabilidad, mejora a la compresibilidad, disminución de la plasticidad y aumento de la durabilidad, con la finalidad de darle un uso ingenieril (p.3). En tal sentido, para la presente investigación esta representó una variable cuantitativa de tipo continua que abarca dos dimensiones: propiedades físicas y propiedades mecánicas del suelo. Esta fue medida, en relación a la variación de las propiedades físico-mecánicas que presentan las muestras de suelo dosificadas con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, con respecto a las muestras de suelo natural. Estas variaciones fueron evaluadas para determinar si son positivas o negativas para el desempeño ingenieril del suelo.

Para la definición conceptual de la **primera variable independiente** se tuvo el estudio de, Pedraza (2019), donde menciona que las **fibras de pseudotallo del plátano** presentan una composición física variable en algunas de sus características, tales como: rugosidad, color, humedad, grosor, largo, etc. Por otro lado, las fibras de pseudotallo del plátano se destacan principalmente por su composición mecánica debido a que demuestran buena resistencia a esfuerzos de tracción, flexión, compresión e impacto. Asimismo, se tiene que la variabilidad de las cualidades de las fibras se encuentra ligada comúnmente a la metodología de extracción de estas y a la finalidad para la cual se las está extrayendo (p.36). En tal sentido, para la presente investigación esta representó una variable cuantitativa de tipo continua, la cual fue adicionada por peso (gr) a las muestras de suelo en los ensayos de laboratorio. El peso de las fibras adicionadas dependió porcentualmente (0.25%, 0.50% y 0.75%) del peso seco de la muestra de suelo ensayada (gr).

Para la definición conceptual de la **segunda variable independiente** se tuvo el estudio de Pasaye, et al. (2020), donde indica que el **lubricante automotriz reciclado**, es una combinación de hidrocarburos (HC), alifático y aromáticos, que se produce cuando se le da un uso al aceite automotriz en la lubricación o refrigeración de automotores. Este es clasificado por algunas normativas ambientales como un residuo peligroso, lo que obliga a que sea reciclado, reutilizado y/o confinado, en función a su disposición final (p.85). Adicionalmente a ello, se ha logrado identificar que en bajas proporciones genera cambios positivos en los suelos al reducir su cohesión y plasticidad. En tal sentido, para la presente investigación esta representó una variable cuantitativa de tipo continua, la cual fue adicionada por peso (gr) a las muestras de suelo en los ensayos de laboratorio. El peso de lubricante automotriz reciclado adicionado dependió porcentualmente (2%, 4% y 6%) del peso seco de la muestra de suelo ensayada (gr).

Respecto a la **población**, Sucasaire (2022) menciona que las investigaciones generalmente intentan comprender ciertas particularidades de la realidad y la dependencia existente entre ellas. Estas particularidades son conocidas normalmente con el nombre de variables. Considerando ello, la población puede ser definida como el total de elementos en los que se busca

analizar estas variables (p.12). En tal sentido, la presente investigación tuvo como población a 3 calicatas de suelos arcillosos incorporados con combinaciones de fibras de pseudotallo del plátano al 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y lubricante automotriz reciclado al 0%, 2%, 4% ,6%; ubicadas entre las progresivas 5+000 y 8+000 de la ruta AY-794 de la Red Vial Vecinal.

Según Arias y Covinos (2021), la **muestra** es una parte de la población que es elegida para poder representarla. Con respecto a esta, no existe una cantidad mínima de componentes para una muestra, por el contrario, solo debemos encargarnos de delimitar correctamente la cantidad en relación a los objetivos de la investigación y la problemática tratada. En tal sentido, en toda investigación debemos asegurarnos que la muestra definida no pierda representatividad en la población (p.113). Respecto a ello, teniendo en cuenta la representatividad de la muestra, se tomaron como parte de ella a los mismos componentes que conforman la población. En tal sentido, se consideró como muestra a las 3 calicatas de suelos arcillosos incorporados con combinaciones de fibras de pseudotallo del plátano al 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y lubricante automotriz reciclado al 0%, 2%, 4% ,6%; ubicadas entre las progresivas 5+000 y 8+000 de la ruta AY-794 de la Red Vial Vecinal.

Con respecto al **tipo de muestreo**, la presente investigación aplicó el **muestreo no probabilístico**; este es conocido por no dejar a la aleatoriedad la determinación de la muestra de estudio. Adicionalmente, se utilizó el **muestreo por cuotas**. Respecto a este, Hernández y Escobar (2019) lo definen como aquel caracterizado por formar conjuntos de individuos con características similares, que reúnan las condiciones necesarias para representar a la población de la que se originan (p.4). En relación a ello, se determinó la cantidad de calicatas a realizar considerando lo mencionado por el MTC (2014) mediante su “Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos”; en el cual se brindan los requerimientos mínimos para la caracterización de subrasantes. En ese sentido, será importante resaltar que a la fecha no existe información del flujo de tránsito en la ruta AY-794. Por lo que, en la búsqueda de información relevante para determinar el número de calicatas, nos apoyamos en la información compartida por el INEI (2023) mediante su informe “Flujo vehicular por Unidades de Peaje Abril-2023”; en el cual señala

que el Peaje Socos, detallado en la Figura 05, posee un IMDA= 234 veh/día. En tal sentido, considerando que no todo el flujo vehicular del Peaje Socos va dirigido a la ruta AY-794 y considerando la comprobación en campo, donde se logró observar un flujo vehicular mínimo se determinó que solo se requiere del muestreo de una calicata por cada kilómetro (Carretera de bajo Volumen de Tránsito).

### Figura 5

*Proximidad de la zona de estudio con el Peaje Socos.*



*Nota.* Fuente: Google Maps.

Respecto a la **unidad de análisis**, Arias y Covinos (2021) la definen como aquel elemento de la investigación del cual se obtienen los resultados e información a analizar (p.126). En relación a ello, la unidad de análisis de la presente investigación fue una calicata de suelo arcilloso incorporado con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado.

Según Alegre (2022), las **técnicas de recolección de datos**, que se aplican en una investigación ya sea cualitativa o cuantitativa, son herramientas integradas que un investigador utiliza con el fin de que ayude a mejorar los resultados y objetivos planteados. Por lo general, los medios empleados están compuestos por registros, observaciones, descripciones, anotaciones, encuestas, entre otros más (p.94). Para esta investigación se usó como técnica de recolección de datos a la **observación experimental**: Esta estuvo conformada por un sistema de

almacenamiento de información que permitió registrar la fecha, ubicación, tamaño de la unidad de muestra, sección, observaciones, y entre otros aspectos importantes de los ensayos del laboratorio de suelos.

Con respecto a los instrumentos, Hernández y Duana (2020) indican que un **instrumento de recolección de datos** se caracteriza por crear condiciones especiales para poder medir una variable de estudio; con la condición que para ser utilizado debe ser objetivo, confiable y validado por un experto (p.51). Como instrumentos de recolección de datos en esta investigación se usaron **guías de observación de datos**; las cuales incluyen a los formatos de recolección de datos (validados y firmados por el juicio de 5 expertos) y las fichas de resultados brindadas por el laboratorio especializado en ensayos de suelos, el cual cuenta con la certificación de calidad del INACAL correspondiente. Asimismo, se comprobó que las guías y procedimientos utilizados cumplieran con las normativas nacionales e internacionales pertinentes, las cuales se detallan en la Tabla 8.

**Tabla 8**  
*Normativas nacionales e internacionales para EMS*

	NORMAS			
	NACIONALES		INTERNACIONALES	
Muestreo de suelos	MTC E 101	NTP 339.252:2003	ASTM D 420	-
Conservación y transporte de muestras de suelo	MTC E 104	-	ASTM D422-95	-
Reducción a muestras de ensayo	MTC E 103	-	ASTM C 702	-
Análisis Granulométrico	MTC E 107	NTP 339.128:1999	ASTM D 422	ASTM 2227
Contenido de Humedad	MTC E 108	NTP 339.127:1998	ASTM D 2216	AASHTO T 265
Límite Líquido	MTC E 110	NTP 339 129:1999	ASTM D 4318	AASHTO T89
Límite Plástico	MTC E 111	NTP 339 129:1999	ASTM D 4318	AASHTO T90
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NTP 339 129:1999	ASTM D 4318	AASHTO T90
Proctor Modificado	MTC E 115	NTP 339.141:1999	ASTM D 1557	AASHTO T 180
CBR	MTC E 132	NTP 339.145:1999	ASTM D 1883	AASHTO T 19

*Nota.* Elaboración propia.

Continuamente, Fernández, et al (2019) definen a la **validez** como la capacidad de medir con precisión lo que se espera medir (p.3). En tal sentido, los instrumentos de la presente investigación fueron validados por medio de constancias de validación adquiridas del juicio de 5 expertos. De las cuales se logró

identificar, mediante un promedio, que la validez general de nuestros instrumentos fue “Excelente”. En relación a ello, las constancias de validación pueden ser observadas en el **Anexo 3**.

Conforme a ello, Villasís, et al (2018) definen a la **confiabilidad** como aquel resultado obtenido sin sesgos y consistente de acuerdo al objetivo de estudio (p.416). Es decir, se refiere a la consistencia y estabilidad de las mediciones realizadas con la técnica e instrumento de recolección de datos empleada. Durante el proceso de investigación, tal como se muestra en el **Anexo 7**, se contó con los documentos que acreditaron la calibración de los equipos utilizados y se contempló repetir los ensayos en situaciones donde resulte necesario. Esto se hace particularmente relevante cuando los resultados iniciales exhiben una variabilidad significativa que dificulta la obtención de conclusiones sólidas y efectivas. Asimismo, también se contó con imágenes fotográficas y planos georreferenciados, los cuales nos ayudaron a facilitar la confiabilidad de la toma de muestras in situ, como previa acción a los ensayos en el laboratorio de suelos.

Para el **método de análisis de datos** se organizaron, analizaron e interpretaron los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos. Este proceso se ejecutó de acuerdo con las pautas establecidas en las Normas Técnicas Internacionales, tales como AASHTO y ASTM, así como las Normas Técnicas Peruanas, en especial el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016). Respecto a ello, las herramientas centrales que utilizamos para el procesamiento de los datos obtenidos fueron Microsoft Excel y SPSS, las cuales ofrecen plataformas versátiles y confiables para organizar y analizar datos de manera eficaz. El procesamiento de la información empezó registrando meticulosamente los resultados obtenidos en las herramientas estadísticas previamente mencionadas. Seguidamente, se efectuó una revisión minuciosa de los datos con el objetivo de identificar posibles errores, valores anómalos o información faltante, lo que contribuyó a asegurar la integridad y calidad de los datos antes de avanzar hacia la etapa de análisis.

Una vez que los datos estuvieron debidamente organizados en relación a los indicadores y objetivos de la presente investigación. Se procedió a realizar el análisis estadístico descriptivo, para el cual hicimos uso de las funcionalidades de Excel para realizar cálculos matemáticos, análisis estadísticos y representaciones gráficas que nos ayudaron a interpretar los resultados obtenidos. En el mismo sentido, se realizó el análisis estadístico inferencial, para el cual hicimos uso de las funcionalidades del SPSS. Para el cual, considerando las características de la presente investigación se definió una metodología de análisis. En relación a ello, se realizaron pruebas de normalidad, de homogeneidad y ANOVA para cada uno de los indicadores relacionados a las hipótesis y objetivos de la presente investigación. Conforme a ello, los resultados de estos análisis se detallaron en el apartado de resultados mediante tablas y gráficos, fortaleciendo así el análisis e interpretación de nuestros resultados respecto a la estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado.

Los **procedimientos** realizados como parte esencial de la presente investigación, tuvieron como comienzo la definición del problema, la metodología de investigación y los recursos a usar en gabinete. Una vez considerado ello, nos aproximamos a la zona de estudio ubicada en el distrito de Socos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho a unos 3480 m.s.n.m., cuya ubicación se detalla en el **Anexo 6**. Una vez allí, realizamos los procedimientos de obtención de las fibras de pseudotallo del plátano y el lubricante automotriz reciclado. Paralelamente, procedimos a realizar el muestreo de suelos mediante la ejecución de 3 calicatas de 1.5 metros de profundidad, las cuales se ubicaron dentro del derecho de vía de la ruta vecinal AY-794, ubicada en la zona de estudio. Luego de ello, realizamos ensayos de identificación de propiedades físicas y mecánicas a las muestras de suelo natural de subrasante de las calicatas C-1, C-2 y C-3. Esto con el fin de identificar cuál era la que poseía peores propiedades para actuar como componente de infraestructura vial. Una vez identificada la calicata con las peores propiedades físico-mecánicas (Calicata C-3) se procedió a ensayar en ella la propuesta de estabilización de suelos de la presente investigación. En ese sentido, se realizaron ensayos para identificar cómo varían el Índice de Plasticidad, la Máxima Densidad Seca, el Óptimo Contenido de Humedad y el CBR de la calicata

C-3 al incorporar las 3 dosificaciones investigadas que combinan fibra de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado: M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR).

Con respecto a la **zona de estudio**, esta se ubica en el distrito de Socos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. En relación a ello, esta zona presenta una geografía accidentada con una diversidad de suelos y pisos ecológicos. Además, este exhibe un clima predominante templado y seco, con presencia de microclimas variados dependiente al nivel de la zona. La temperatura oscila entre los 2°C y 13°C en zonas altas, y zonas bajas oscila entre 18°C y 21°C. Asimismo, existe presencia de precipitaciones intensas en el primer trimestre del año, reduciéndose la intensidad para el mes de marzo.

Con respecto a la **obtención de las fibras de pseudotallo del plátano**, los pseudotallos utilizados en la presente investigación provienen de donaciones de los cultivos de familiares de los tesisistas que residen en el departamento de Ayacucho. En tal sentido, la obtención de las fibras comenzó cortando los pseudotallos de la planta del plátano, retirando de ellos aquellas zonas que se encuentren dañadas, tal como se muestra en las Figuras 6 y 7.

### Figura 6

*Obtención del pseudotallo del plátano.*



*Nota.* Fuente: Propia

**Figura 7**  
*Corte del pseudotallo en piezas más pequeñas*



Nota. Fuente: Propia

Habiendo hecho ello, se procedió a cortar el pseudotallo en piezas de 15 cm de ancho y 60 cm de largo, retirando la membrana interna de estas piezas. Una vez realizado ello, lavamos con abundante agua las piezas con el fin de eliminar las impurezas que aún puedan poseer. Luego con la ayuda de un cuchillo retiramos manualmente fibras de aproximadamente 0.20 mm de diámetro de estas piezas, tal como se muestra en la Figura 8. Una vez separadas, procedimos a secar las fibras de pseudotallo del plátano colgándolas en un espacio cerrado a temperatura ambiente durante 2 semanas, tal como se observa en la Figura 9.

**Figura 8**  
*Obtención de las fibras del pseudotallo del plátano.*



Nota. Fuente: Propia

## Figura 9

*Proceso de secado de las fibras del pseudotallo del plátano.*



*Nota.* Fuente: Propia

Pasado este periodo y contando con las fibras secas se procedió a cortarlas en piezas de 3.5 cm de longitud. Por último, estas fibras fueron conservadas en bolsas con cerrado hermético hasta la fecha de su adicción a las muestras de suelos en el laboratorio, tal como se evidencia en la Figura 10.

## Figura 10

*Proceso de corte y empaquetado de las fibras del pseudotallo del plátano.*



*Nota.* Fuente: Propia

Con respecto a la **obtención del lubricante automotriz reciclado**, esta se dio por medio de donaciones de talleres automotrices cercanos a la zona de investigación. Asimismo, su manipulación y transporte se realizó de acuerdo a la NTP 900.050:2022 “Gestión de residuos sólidos: Manejo de Aceites usados”, tal como se observa en la Figura 11.

### Figura 11

Obtención y envasado del lubricante automotriz reciclado.

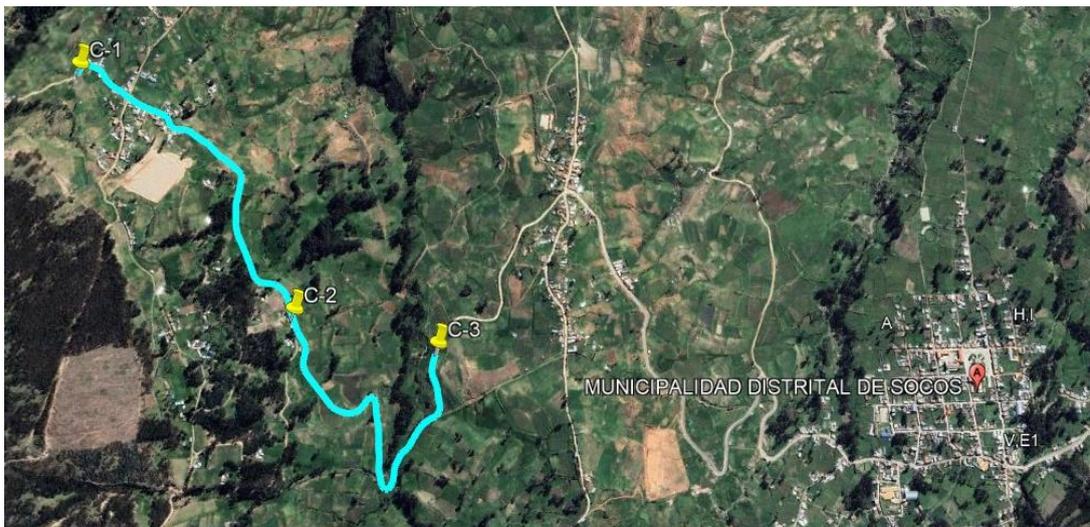


Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la **obtención de las muestras de suelo**, teniendo en cuenta la ubicación del proyecto, para la obtención de las muestras de suelo nos trasladamos a la zona de estudio mediante la movilidad que nos brindó el laboratorio. Una vez en el área nos acercamos a la Municipalidad Distrital de Socos, en la cual, mediante coordinación verbal, se nos permitió realizar las calicatas en los puntos previstos, los cuales se pueden observar en la Figura 12.

### Figura 12

Ubicación de calicatas.



Nota. Fuente: Google Earth.

La determinación de la **ubicación de las calicatas**, las cuales se logran observar en la Tabla 9, se definió previamente en gabinete junto a los especialistas del laboratorio, los cuales nos ayudaron a identificar los tramos de suelos con peores propiedades, gracias a que se contaba con antecedentes de estudios realizados en esa zona. Una vez en el área de estudio se procedió a ubicar los puntos donde se realizaron las 3 calicatas. Se procedió a equiparse con los EPP necesarios para excavar el terreno hasta una profundidad de 1.5 m. Fue a esta profundidad donde se tomaron las muestras del suelo con la ayuda de brújulas, niveles, barrenos manuales.

**Tabla 9**

*Resumen de ubicación de calicatas.*

Calicata	Progresiva	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
C-1	5 + 000 Km	574614.00	8539699.00
C-2	6 + 000 Km	575193.80	8539083.10
C-3	7 + 000 Km	575564.00	8539006.00

*Nota.* Elaboración propia.

Con respecto a la **calicata C-1**, la cual se puede observar en la Figura 13, el perfil estratigráfico exhibía una secuencia de capas distintivas; comenzando con una capa superior de 20 cm de afirmado, seguida por 30 cm de enrocado. Debajo, se encontraban 50 cm de un suelo arcilloso-limoso, seguido por otros 50 cm de un suelo compuesto principalmente por arena, con presencia de finos.

**Figura 13**

*Obtención de muestra de subrasante de la calicata C-1*



*Nota.* Fuente: Propia

Con respecto a la **calicata C-2**, la cual se puede observar en la Figura 14, el perfil estratigráfico presentaba una secuencia de capas distintivas; comenzando con una capa superior de 20 cm de afirmado, seguida por 30 cm de enrocado. Debajo, se encontraban 20 cm de un suelo arcilloso, seguido por otros 80 cm de un suelo compuesto principalmente por arcilla, con presencia de grava pequeña.

### Figura 14

*Obtención de muestra de subrasante de la calicata C-2*



*Nota.* Fuente: Propia

Con respecto a la **calicata C-3**, la cual se puede observar en la Figura 15, el perfil estratigráfico presentaba una estructura compuesta por capas diferenciadas; comenzando con una capa superior de 20 cm de material afirmado, seguida por 15 cm de enrocado. A continuación, se encontraban 115 cm de un suelo caracterizado por su composición arcilloso-limosa.

### Figura 15

*Obtención de muestra de subrasante de la calicata C-3*



*Nota.* Fuente: Propia

Una vez realizadas las calicatas, por medio de la identificación visual de las subrasantes junto al especialista del laboratorio, se calculó la cantidad de muestra a extraer por cada calicata en relación al número de ensayos a realizar. En ese sentido, previamente se logró definir que la cantidad total de ensayos a realizar en la presente investigación fueron: 3 ensayos de Granulometría; 3 ensayos de Contenido de Humedad; 6 ensayos de Límite Líquido; 6 ensayos de Límite Plástico; 6 ensayos de Proctor Modificado y 6 ensayos de CBR en Laboratorio. En relación a ello, la cantidad de muestra extraída por cada calicata se encuentra detallada en la Tabla 10.

**Tabla 10**  
*Cantidad de muestra de suelo por calicata.*

Ensayo	Muestra de suelo	C-1	C-2	C-3
Análisis Granulométrico		2000 gr	2000 gr	2000 gr
Contenido de Humedad (C.H.)		3000 gr	3000 gr	3000 gr
Límite Líquido (L.L.)				
Límite Plástico (L.P.)		220 gr	220 gr	880 gr
Índice de Plasticidad (I.P.)				
Proctor Modificado (P.M.)		23 000 gr	23 000 gr	180 000 gr
CBR		23 000 gr	23 000 gr	180 000 gr
	Total (kg)	60 kg	60 kg	375 kg

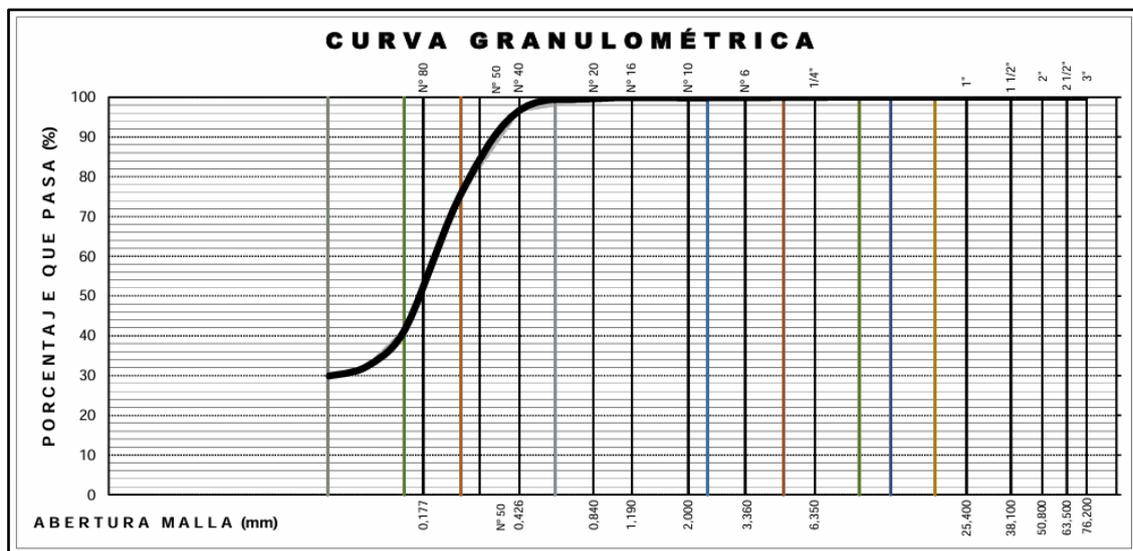
*Nota.* Elaboración propia.

Con respecto a la **identificación de la calicata con subrasante de peores propiedades físico-mecánicas**, se realizaron ensayos para conocer las **propiedades físicas** de las muestras del suelo natural extraídas de las calicatas C-1, C-2 y C-3. Se comenzó, realizando el ensayo de gradación de partículas de suelos mediante análisis por tamizado (MTC E 107); para realizar este ensayo se necesitaron 2000 g de muestra del suelo, dos balanzas correctamente calibradas, un horno, envases, cepillos, brochas y tamices. Se comenzó secando la muestra con un día de anticipación, una vez seca se realizó el tamizado manual lo que conllevó a que se apilen y movieran los tamices de un lado a otro recorriendo circunferencias. Una vez tamizada la muestra se procedió a pesar lo retenido en cada tamiz, para seguidamente proceder a calcular los % retenidos y % pasantes.

Con respecto a la Calicata **C-1**, los resultados obtenidos del ensayo de análisis granulométrico que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demostraron que el suelo estaba compuesto por un 29.90% de finos, un 70.01% de arena y un 0.09% de grava. En relación a ello, estos % pueden ser observados en la curva granulométrica C-1 de la Figura 16. Adicionalmente a ello, el ensayo nos permitió conocer que dicho suelo fue clasificado como un A-2-4, conforme a la clasificación AASHTO lo que nos representaría una Grava y Arena Limosa o Arcillosa; y fue clasificado como un suelo tipo SM, conforme a la clasificación SUCS, lo que nos representaría una Arena Limosa.

**Figura 16**

*Curva granulométrica de la muestra de la calicata C-1*

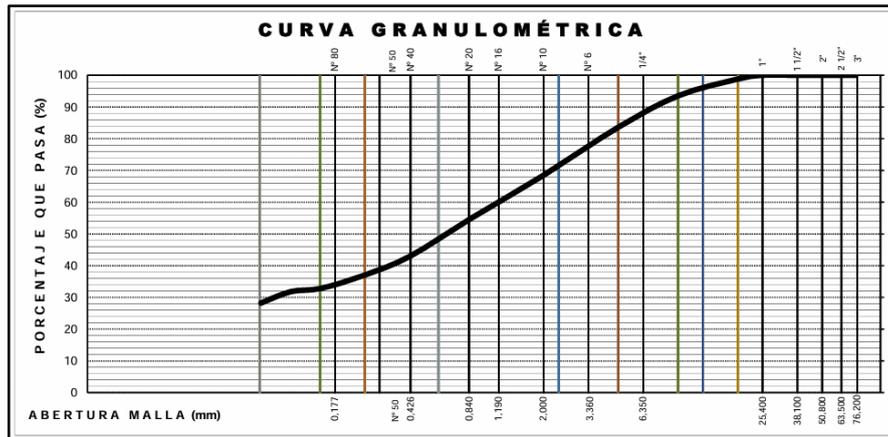


Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la Calicata **C-2**, los resultados obtenidos del ensayo de análisis granulométrico que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demostraron que el suelo estaba compuesto por un 28.20 % de finos, un 55.40 % de arena y un 16.40 % de grava. En relación a ello, estos porcentajes pueden ser observados en la curva granulométrica C-2 de la Figura 17. Adicionalmente a ello, el ensayo nos permitió conocer que dicho suelo fue clasificado como un A-2-4, conforme a la clasificación AASHTO lo que nos representaría una Grava y Arena Limosa o Arcillosa; y fue clasificado como un suelo tipo SC-SM, conforme a la clasificación SUCS, lo que nos representaría una Arena Limo - Arcillosa con Grava.

**Figura 17**

*Curva granulométrica de la muestra de la calicata C-2*

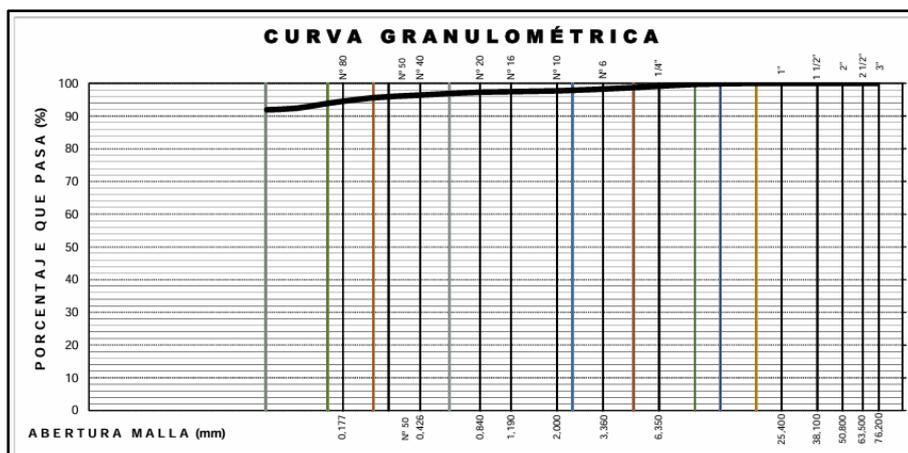


Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la Calicata **C-3**, los resultados obtenidos del ensayo de análisis granulométrico que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demostraron que el suelo estaba compuesto por un 91.90 % de finos, un 6.85 % de arena y un 1.25 % de grava. En relación a ello, estos porcentajes pueden ser observados en la curva granulométrica C-3 de la Figura 18. Adicionalmente a ello, el ensayo nos permitió conocer que dicho suelo fue clasificado como un A-6, conforme a la clasificación AASHTO lo que nos representaría un Suelo Arcilloso; y fue clasificado como un suelo tipo CL, conforme a la clasificación SUCS, lo que nos representaría una Arcilla Ligera.

**Figura 18**

*Curva granulométrica de la muestra de la calicata C-3*

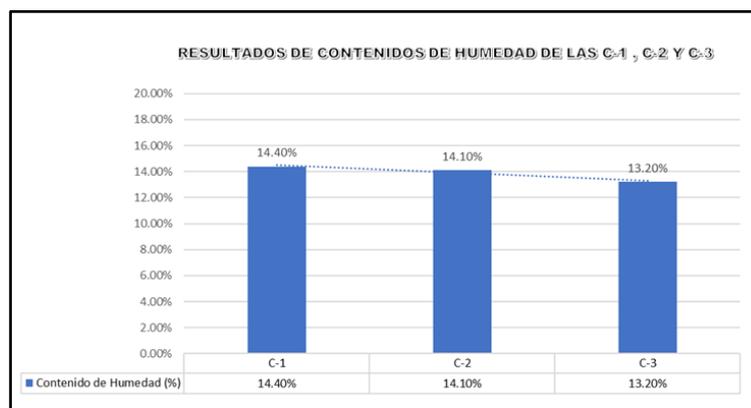


Nota. Fuente: Propia

Continuando con los ensayos para conocer las **propiedades físicas** de la subrasante de las tres calicatas estudiadas: C-1, C-2 y C-3; se ejecutaron los ensayos en laboratorio para el Contenido de Humedad (ASTM D 2216) con las muestras extraídas. Este ensayo requirió de un horno, una balanza y recipientes. Como primer paso, se determinó el material de muestra necesario de acuerdo al método propuesto por esta normativa. Luego, se pesó la muestra en condiciones naturales. Para después, secarla en el horno a  $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ , por un periodo de 16 horas. Una vez seca la muestra se procedió a pesarla, para poder determinar el contenido de humedad. En ese sentido, mediante los resultados obtenidos de los ensayos de C.H. que pueden ser observados en el **Anexo 4**, se logró identificar que el Contenido de Humedad de la C-1 fue de 14.40%; el de la C-2 fue de 14.10% y el de la C-3 fue de 13.20%. En relación a ello, estos resultados pueden ser observados en la Figura 19.

**Figura 19**

*Resultados de Contenido de Humedad de las C-1, C-2 y C-3*



*Nota.* Fuente: Propia

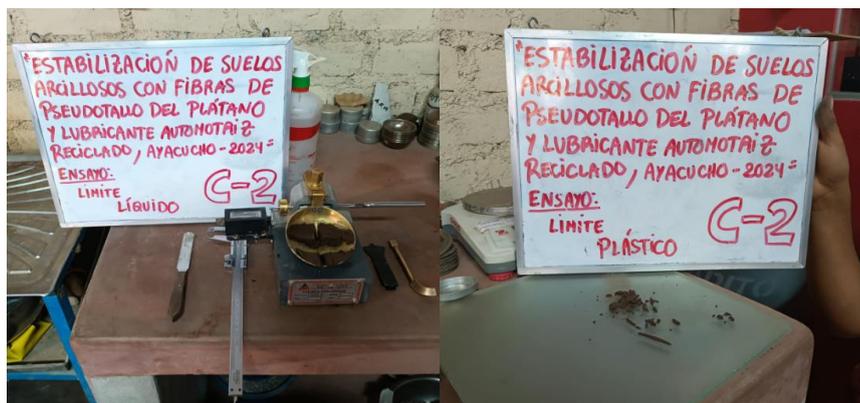
Continuando con los ensayos para conocer las **propiedades físicas** de la subrasante de las tres calicatas estudiadas: C-1, C-2 y C-3, se realizaron los ensayos regulados por la ASTM D 4318, para determinar los **Límites de Consistencia** de las muestras de las calicatas. En este sentido, para determinar el **Límite Líquido LL (%)** se necesitaron 200 g de muestra pasante del tamiz N°40, recipientes, una balanza, una estufa, un calibrador, la copa de Casagrande, un acanalador y agua destilada. Se comenzó humedeciendo la muestra para luego

colocarla en la copa de Casagrande y esparcirla hasta alcanzar un espesor de 10mm aproximadamente. Luego con el acanalador se procedió a realizar una abertura, la cual se buscó cerrar realizando los golpes necesarios con el equipo. Continuamente, anotamos el N.º de golpes y realizaremos el mismo procedimiento con otros % de humedad. Asimismo, para determinar el **Límite Plástico LP (%)** se requirieron 20 g de muestra del suelo pasante del tamiz N°40, una espátula, recipientes, balanza, un horno, agua destilada y una superficie de rodadura lisa de vidrio. El ensayo consistió en formar elipsoides de muestra preparada, los cuales se rodaron con los dedos en una superficie de vidrio lisa, una vez que se desmoronaron se determinó el Contenido de Humedad (%). El ensayo se repitió con los mismos % de humedad utilizados en los ensayos del Límite Líquido.

Con respecto a la Calicata **C-1**, los resultados de los ensayos de LL y LP que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demuestran que este tipo de suelo posee una condición No Plástica (NP). En este sentido, esta característica puede ser atribuida al elevado porcentaje de arena que se identificó en su composición durante el ensayo de análisis granulométrico. Ya que como es bien sabido, los suelos arenosos no poseen un comportamiento plástico.

Con respecto a la Calicata **C-2**, los resultados de los ensayos de LL y LP que pueden ser observados en la Figura 20 y el **Anexo 4**, demuestran que este suelo posee un LL= 19.00%. En relación a ello, esta información se puede interpretar como un bajo requerimiento de humedad del suelo para pasar a un estado semi-líquido, lo cual es una característica desfavorable cuando hablamos de suelos que cumplirán funciones de soporte. Asimismo, se logró identificar que este suelo posee un LP=13.00%, esta información puede interpretarse similarmente como un bajo requerimiento de humedad del suelo para pasar a un estado plástico. En relación a estos datos se logró identificar que el valor del IP=19-13=6.00%. Considerando ello y la información presentada en la Tabla 5, se determinó que según el MTC este suelo poseería la clasificación de "Plasticidad Baja", esta característica es positiva debido a que nos representa un comportamiento poco deformable por esfuerzos del tráfico vehicular.

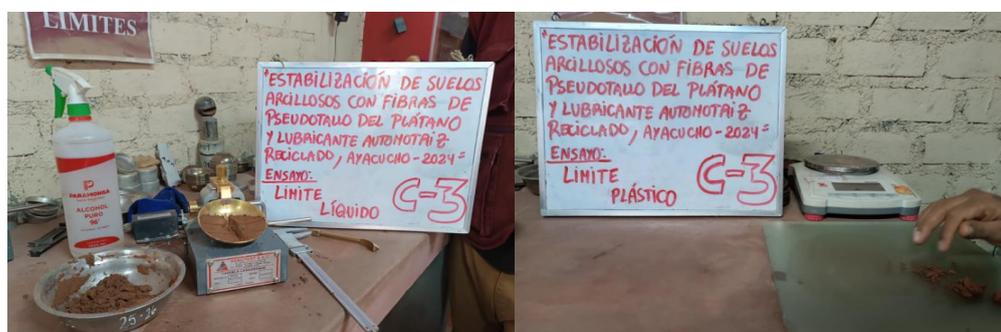
**Figura 20**  
*Ensayos de Límites de Consistencia de la C-2*



Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la Calicata **C-3**, los resultados de los ensayos de LL y LP que pueden ser observados en la Figura 21 y el **Anexo 4**, demuestran que este suelo posee un LL= 34.00%. En relación a ello, esta información se puede interpretar como un alto requerimiento de humedad del suelo para pasar a un estado semi-líquido. Asimismo, se logró identificar que este suelo posee un LP=19.00%, esta información puede interpretarse similarmente como un alto requerimiento de humedad del suelo para pasar a un estado plástico. En relación a estos datos se logró identificar que el valor del IP=34-19=15.00%. Considerando ello y la información presentada en la Tabla 5, se determinó que según el MTC este suelo poseería la clasificación de "Plasticidad Media", esta característica es negativa debido a que nos representa un comportamiento más deformable por esfuerzos del tráfico vehicular.

**Figura 21**  
*Ensayos de Límites de Consistencia de la C-3*

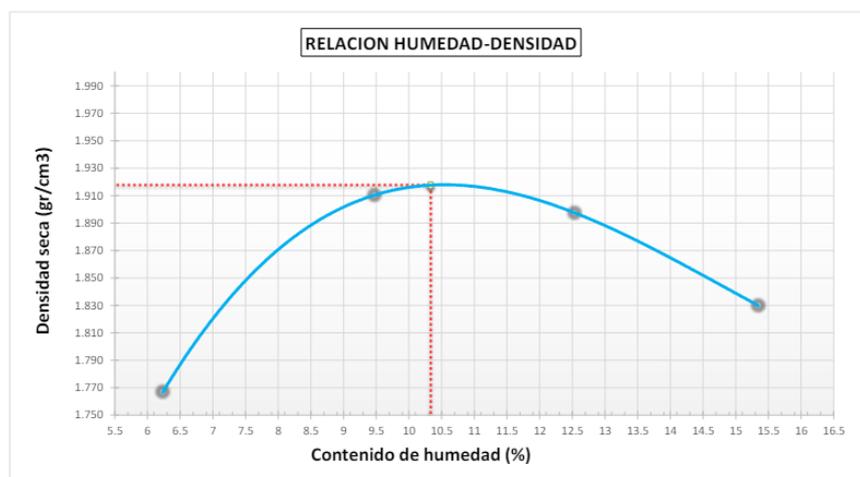


Nota. Fuente: Propia

Continuando con los ensayos para identificar las **propiedades mecánicas** de la subrasante de las tres calicatas estudiadas: C-1, C-2 y C-3, se ejecutaron los ensayos de Proctor Modificado (MTC E 115) a las muestras extraídas. Para la ejecución de este ensayo, se requirió una muestra de 16 kg de suelo, balanza, horno, regla metálica, molde de 4", ensamblajes de moldes, tamices, pisón y herramientas de mezcla. El primer paso fue determinar el método a usar (MÉTODO A). Luego se definió las 4 muestras y los % de agua a adicionar. Hecho eso, se procedió a compactar las muestras en los moldes con el pistón manual, en 5 capas realizando 25 golpes por cada una. Una vez compactado, se procedió a eliminar los excesos para poder calcular el contenido de humedad (%) y el peso unitario seco de las muestras.

Con respecto a la Calicata **C-1**, los resultados del ensayo Proctor Modificado que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demuestran que este suelo posee un OCH=10.34%. En relación a ello, se puede interpretar que el mejor estado de compactación de este suelo se encuentra en humedades bajas. Por lo que las épocas de abundantes precipitaciones pueden ser contraproducentes para su comportamiento. Asimismo, se logró identificar que este suelo posee una MDS=1.918 gr/cm<sup>3</sup>. En relación a ello, estos datos pueden ser verificados en la Figura 22, donde se observa la curva de compactación del presente ensayo.

**Figura 22**  
*Curva de compactación de la calicata C-1*

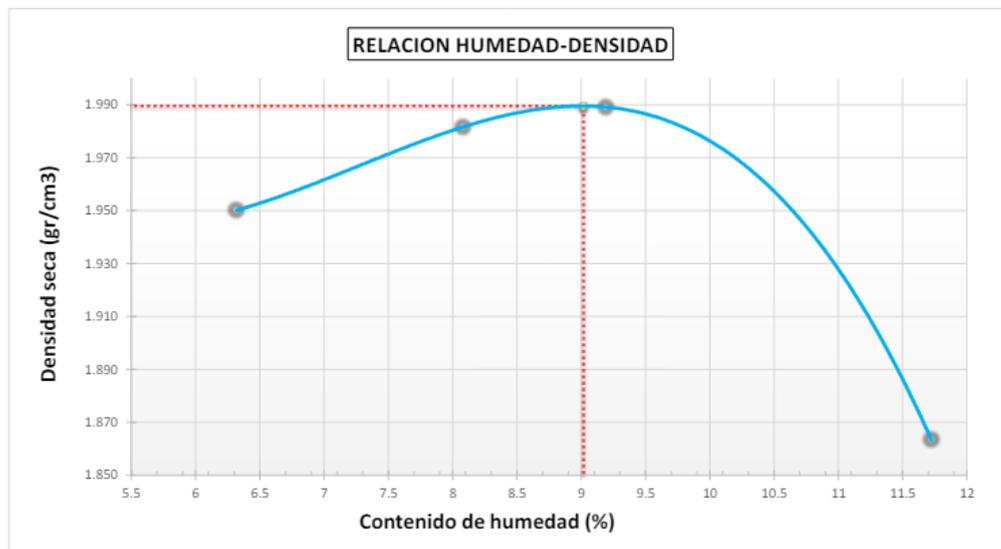


Nota. Fuente: Autoría Propia

Con respecto a la Calicata **C-2**, los resultados del ensayo Proctor Modificado que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demuestran que este suelo posee un OCH=9.02%. En relación a ello, se puede interpretar que el mejor estado de compactación de este suelo se encuentra en humedades bajas. Por lo que las épocas de abundantes precipitaciones pueden ser contraproducentes para su comportamiento. Asimismo, se logró identificar que este suelo posee una MDS=1.990 gr/cm<sup>3</sup>. En relación a ello, estos datos pueden ser verificados en la Figura 23, donde se observa la curva de compactación del presente ensayo.

**Figura 23**

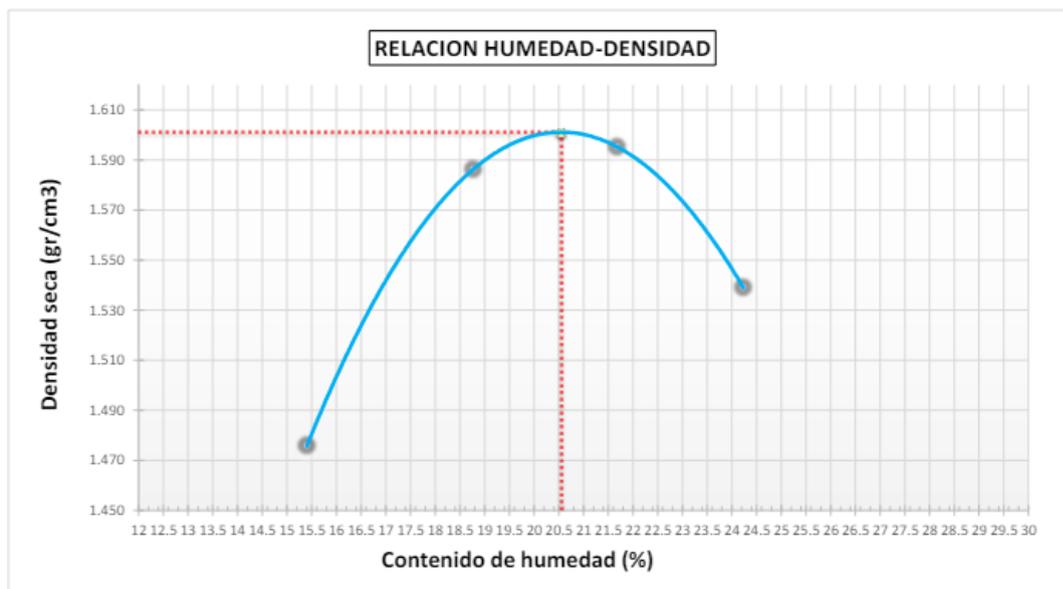
*Curva de compactación de la calicata C-2*



*Nota.* Fuente: Autoría Propia

Con respecto a la Calicata **C-3**, los resultados del ensayo Proctor Modificado que pueden ser observados en el **Anexo 4**, demuestran que este suelo posee un OCH=20.56%. En relación a ello, se puede interpretar que el mejor estado de compactación de este suelo se encuentra en humedades altas. Por lo que las épocas de abundantes precipitaciones desempeñan un papel crucial en su comportamiento. Asimismo, se logró identificar que este suelo posee una MDS=1.601 gr/cm<sup>3</sup>. Lo cual es conforme a su clasificación como “Arcilla Ligera”. En relación a ello, estos datos pueden ser verificados en la Figura 24, donde se observa la curva de compactación del presente ensayo.

**Figura 24**  
*Curva de compactación de la calicata C-3*



Nota. Fuente: Autoría Propia

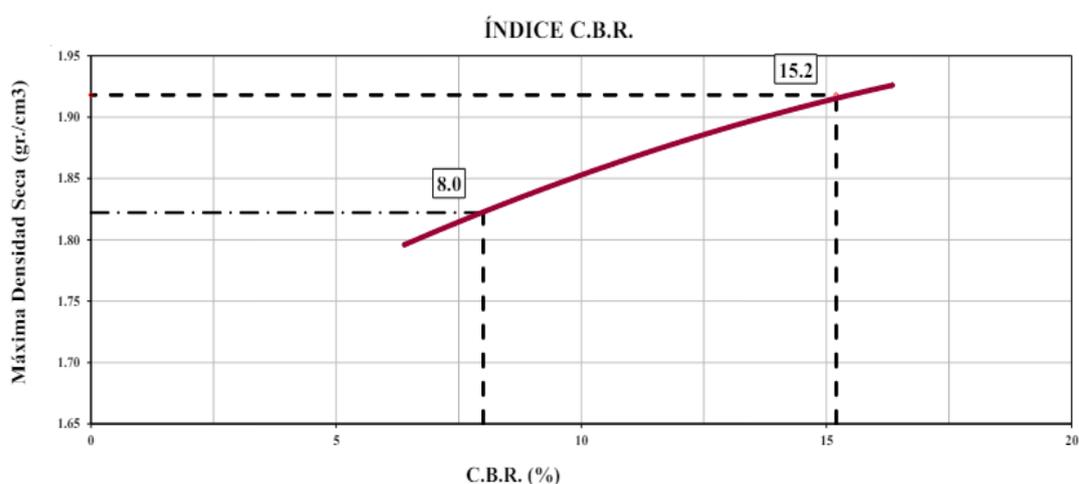
Continuando con los ensayos para identificar las **propiedades mecánicas** de la subrasante de las tres calicatas estudiadas: C-1, C-2 y C-3, se realizó el ensayo ASTM D 1883, para poder conocer el índice de capacidad de soporte (CBR) del suelo de las muestras de las calicatas; para ello se requirió de una muestra de suelo de 18 kg, una balanza, una estufa, tamices, moldes, pistón de penetración, una prensa de compresión, un tanque, discos espaciadores, pisón compactador, pesas de media luna y anillo, dos diales, filtros y brochas. Se comenzó seleccionando el material para las muestras, luego estas se colocaron en los moldes para compactarlas hasta que lleguen a su MDS y OCH. Luego se procedió a utilizar discos espaciadores, pesas y diales en las muestras para luego sumergirlas por 4 días en un tanque lleno de agua. Una vez pasado este periodo se procedió a extraer los moldes y escurrirlos, seguidamente se realizó el ensayo de penetración con la prensa y el pistón.

Con respecto a la Calicata **C-1**, los resultados del ensayo de CBR que pueden ser observados en la Figura 25 y el **Anexo 4**, demuestran que el CBR 0.1" al 95% de la MDS es 8.00%. En este sentido, se puede interpretar este valor como

algo positivo debido a que pasa el límite mínimo del CBR=6% de un suelo para ser utilizado como subrasante. Asimismo, se identificó en el ensayo que el CBR 0.1” al 100% de la MDS es 15.20%. Este valor corresponde a un resultado positivo por no requerir de procesos adicionales de estabilización. En el mismo sentido, mediante la Tabla 2, se determinó que según el MTC este suelo poseería la clasificación de “Subrasante Regular”, por lo que no habría problema con considerarlo como componente de una infraestructura vial.

**Figura 25**

*Curva CBR Vs Densidad Seca de la muestra de la calicata C-1*

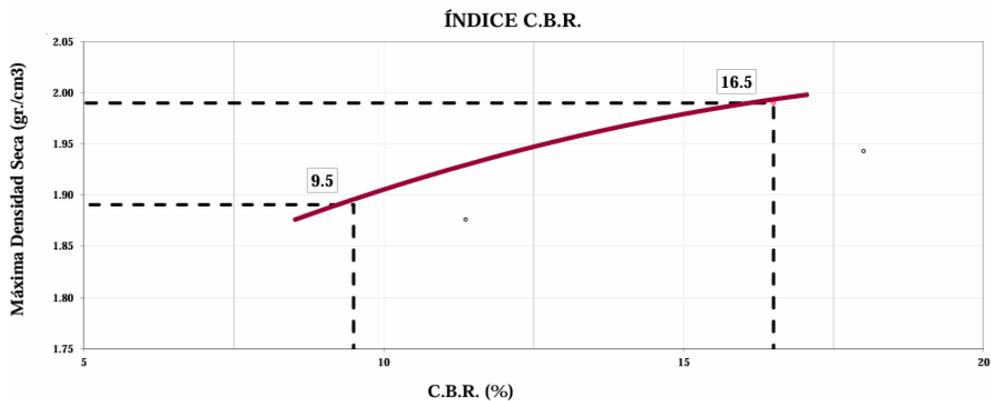


*Nota.* Fuente: Autoría Propia

Con respecto a la Calicata **C-2**, los resultados del ensayo de CBR que pueden ser observados en la Figura 26 y el **Anexo 4**, demuestran que el CBR 0.1” al 95% de la MDS es 9.50%. En este sentido, se puede interpretar este valor como algo positivo debido a que pasa el límite mínimo del CBR=6% de un suelo para ser utilizado como subrasante. Asimismo, se identificó en el ensayo que el CBR 0.1” al 100% de la MDS es 16.50%. Este valor corresponde a un resultado positivo por no requerir de procesos adicionales de estabilización. En el mismo sentido, mediante la Tabla 2, se determinó que según el MTC este suelo poseería la clasificación de “Subrasante Regular”, por lo que no habría problema con considerarlo como componente de una infraestructura vial.

**Figura 26**

*Curva CBR Vs Densidad Seca de la muestra de la calicata C-2*

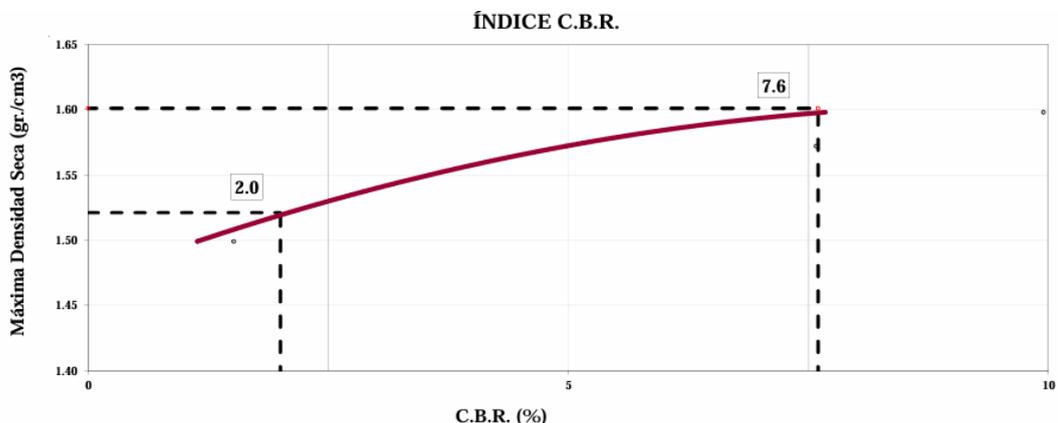


Nota. Fuente: Autoría Propia

Con respecto a la Calicata **C-3**, los resultados del ensayo de CBR que pueden ser observados en la Figura 27 y el **Anexo 4**, demuestran que el CBR 0.1” al 95% de la MDS es 2.00%. En este sentido, se puede interpretar este valor como algo negativo debido a que no pasa el límite mínimo del CBR=6% de un suelo para ser utilizado como subrasante. Asimismo, se identificó en el ensayo que el CBR 0.1” al 100% de la MDS es 7.60%. Este valor corresponde a un resultado negativo por requerir de procesos adicionales de estabilización. En el mismo sentido, mediante la Tabla 2, se determinó que según el MTC este suelo poseería la clasificación de “Subrasante Inadecuada”, por lo que no podría ser considerado como componente de una infraestructura vial.

**Figura 27**

*Curva CBR Vs Densidad Seca de la muestra de la calicata C-3*



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Por consiguiente, una vez conocidas las **propiedades físico-mecánicas** de la subrasante de las tres calicatas estudiadas: C-1, C-2 y C-3; nos apoyamos en el consolidado de los valores obtenidos, presentados en la Tabla 11 para identificar en que muestra probaremos las dosificaciones de estabilización de suelo propuestas en la presente investigación.

**Tabla 11**  
*Propiedades Físico-Mecánicas de las calicatas C-1, C-2 y C-3*

ENSAYOS		C-1	C-2	C-3
Análisis Granulométrico	% Grava	0.09	16.40	1.25
	% Arena	70.01	55.40	6.85
	% Finos	29.90	28.20	91.90
	Contenido de Humedad (%)	14.40	14.10	13.20
Límites de Atterberg	Límite Líquido (%)	NP	19.00	34.00
	Límite Plástico (%)	NP	13.00	19.00
	Índice de Plasticidad (%)	NP	6.00	15.00
Clasificación de los suelos	SUCS	S-M	SC-SM	CL
	AASHTO	A-2-4	A-2-4	A-6
Proctor Modificado	Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.34	9.02	20.56
	Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.92	1.99	1.60
California Bearing Ratio (CBR)	CBR 95% MDS	8.00	9.50	2.00
	CBR 100% MDS	15.20	16.50	7.60

*Nota.* Elaboración propia.

En este sentido, analizando los resultados de la granulometría nos percatamos que el suelo de la Calicata C-3 posee un 91.90% de finos, lo cual puede ser interpretado como un suelo muy problemático en un proyecto de infraestructura vial, debido a las propiedades de este tipo de material. Asimismo, analizando los Límites de Atterberg, nos percatamos que la C-1 y la C-2 no presentan características plásticas considerables, muy al contrario, el suelo de la C-3 posee una clasificación de "Plasticidad Media" lo cual puede ser contraproducente en su

rendimiento ante las deformaciones. Por último, considerando la característica determinante del CBR (%), logramos identificar que el único suelo que posee una clasificación como “Subrasante Inadecuada” es el de la Calicata C-3. En ese sentido, este suelo es el único que no podría ser utilizado como subrasante, a la vez que requeriría de algún procedimiento de estabilización. En tal sentido, teniendo en cuenta las pésimas propiedades físico-mecánicas de la calicata C-3, nos decidimos por probar en ella las 3 dosificaciones combinadas de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado propuestas en la presente investigación: M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR).

Respecto a los **aspectos éticos**, la presente investigación se caracterizó principalmente por emplear adecuadamente las citas textuales dando crédito a los autores, sin incurrir en plagio. Adicionalmente, se aseguró de atribuir la autoría del trabajo, reconociendo las contribuciones de todos los involucrados. Asimismo, el proceso de la investigación, desde la toma de muestras del suelo, la obtención y análisis de las fibras de pseudotallo del plátano, la recolección y análisis del lubricante automotriz reciclado, los ensayos de laboratorio y el procesamiento de datos; se realizó de manera responsable, evitando la manipulación de los resultados para evitar la aparición de vicios ocultos en la presente investigación. Además, se presentaron de manera honesta y transparente todos los resultados obtenidos, asegurándonos de cumplir con las políticas y regulaciones que se manejan en la Universidad y otros comités de revisión de ética. En tal modo, se cumplió a detalle con los procedimientos y consideraciones requeridas para el ensayo de subrasantes, dispuestas a nivel nacional e internacional previamente mencionadas.

### III. RESULTADOS

**Objetivo Específico 1:** Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **IP** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.

Con respecto al Objetivo Específico 1, se ejecutaron los ensayos de Límites de Consistencia en laboratorio (LL y LP), según los procedimientos previamente descritos, en muestras de suelo de la subrasante de la Calicata C-3, la cual se encuentra en la progresiva 7+000 Km de la ruta vecinal AY-794, a las cuales se le incorporaron las 3 dosificaciones combinadas de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y lubricante automotriz reciclado (LAR). En este sentido, será importante informar que de aquí en adelante lograremos identificar a estas dosificaciones, mediante las siguientes abreviaciones: M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En ese sentido, en la Tabla 12 presentada a continuación se puede observar el consolidado de los valores obtenidos de estos ensayos para las tres dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR).

**Tabla 12**

*Resultados de ensayos de Límites de Consistencia de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3*

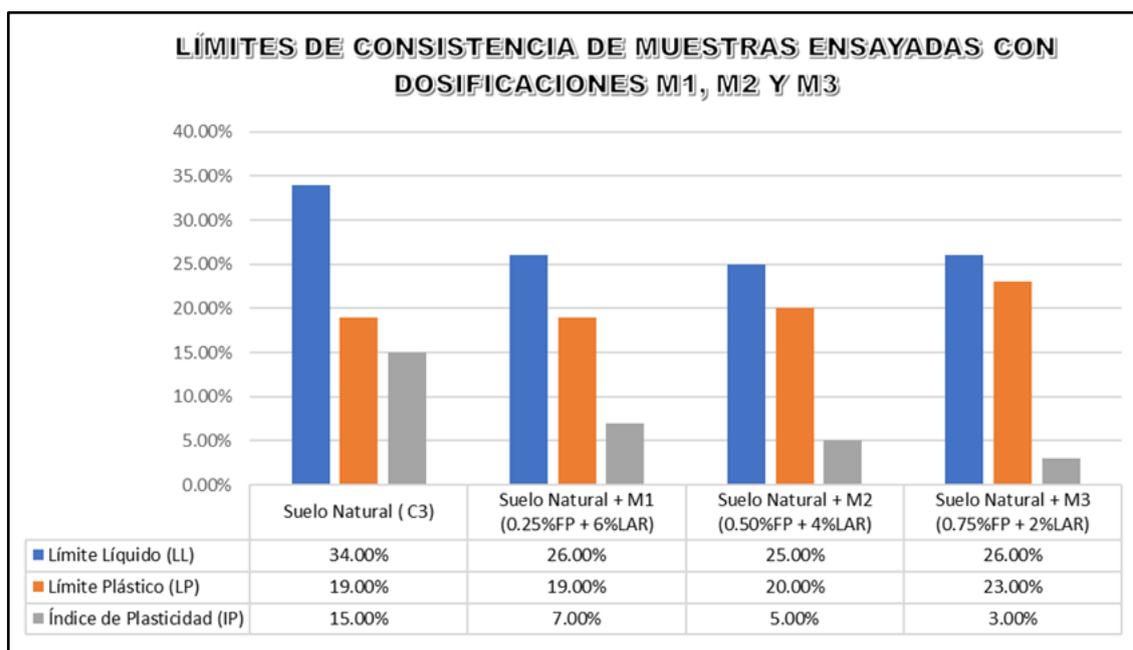
Muestra	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)	Clasificación MTC (Cuadro 4.6)
Suelo Natural (C-3)	34.00%	19.00%	15.00%	Plasticidad Media
Suelo Natural + M1 (0.25%FP + 6%LAR)	26.00%	19.00%	7.00%	Plasticidad Baja
Suelo Natural + M2 (0.50%FP + 4%LAR)	25.00%	20.00%	5.00%	Plasticidad Baja
Suelo Natural + M3 (0.75%FP + 2%LAR)	26.00%	23.00%	3.00%	Plasticidad Baja

*Nota.* Elaboración propia.

Adicionalmente, mediante la Figura 28 logramos identificar la representación gráfica comparativa de los resultados obtenidos de los ensayos de Límites de Consistencia para la muestra de Suelo Natural (C3) y las muestras ensayadas incorporando las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En relación a ello, estos resultados podrán ser visualizados en las fichas de resultados del laboratorio en el **Anexo 4**.

**Figura 28**

*Límites de Consistencia de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3*



*Nota.* Elaboración propia.

Con respecto a la dosificación **M1 (0.25%FP + 6%LAR)**; para el ensayo de Límite Líquido (MTC E 110), el cual se puede observar en la Figura 29, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 200 gr necesaria para el ensayo, se le incorporaron 0.50 gr de FP y 12.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de la Copa de Casagrande se logró determinar que el valor del Límite Líquido con esta dosificación fue de 26%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), el LL disminuyó en un 23.52% al pasar de 34% a 26%. En relación a ello, la reducción del valor del Límite Líquido de un suelo puede interpretarse como una reducción de su rango plástico. Asimismo, este

resultado también puede ser interpretado como el menor requerimiento de humedad del suelo, para pasar del estado plástico al estado semilíquido. Ambas respuestas de comportamiento pueden ser beneficiosas o contraproducentes dependiendo de las condiciones climáticas del entorno del suelo a tratar.

### Figura 29

*Ensayos de Límites de Consistencia con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR)*



*Nota.* Elaboración propia.

Asimismo, para el ensayo de Límite Plástico (MTC E 111), el cual se puede observar en la Figura 29, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 20 gr necesaria para el ensayo, se le incorporaron 0.05 gr de FP y 1.2 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que se basó en la formación de rodillos de 6mm se logró determinar que el valor del Límite Plástico con esta dosificación fue de 19%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), el LP no varió al no modificarse su valor en relación al de la muestra de Suelo Natural (C3). En tal sentido, se puede identificar que esta dosificación no genera impactos estabilizantes en el Límite Plástico de suelos arcillosos. En tal caso, conociendo estos valores se determinó el valor del Índice de Plasticidad con la presente dosificación:  $IP = LL - LP = 7\%$ . De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), el IP disminuyó en un 53.33% al pasar de 15% a 7%. En relación a ello, se puede interpretar que la adición de la dosificación

M1 (0.25%FP + 6%LAR), posee atributos estabilizantes al reducir la plasticidad de suelos arcillosos. Esto se ve verificado mediante la Tabla 5, donde se logra identificar el efecto estabilizante al pasar de un suelo con plasticidad media (IP=15%) a un suelo con plasticidad baja (IP=7%).

Con respecto a la dosificación **M2 (0.50%FP + 4%LAR)**; para el ensayo de Límite Líquido (MTC E 110), el cual se puede observar en la Figura 30, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 200 gr necesaria para el ensayo, se le incorporaron 1.00 gr de FP y 8.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de la Copa de Casagrande se logró determinar que el valor del Límite Líquido con esta dosificación fue de 25%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), el LL disminuyó en un 26.47% al pasar de 34% a 25%. En relación a ello, la reducción del valor del Límite Líquido de un suelo puede interpretarse como una reducción de su rango plástico. Asimismo, este resultado también puede ser interpretado como el menor requerimiento de humedad del suelo, para pasar del estado plástico al estado semilíquido.

### Figura 30

*Ensayos de Límites de Consistencia con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR)*



Nota. Fuente: Propia.

Asimismo, para el ensayo de Límite Plástico (MTC E 111), el cual se puede observar en la Figura 30, se siguieron los procedimientos previamente descritos

con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 20 gr necesaria para el ensayo, se le incorporaron 0.10 gr de FP y 0.80 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que se basó en la formación de rodillos de 6mm se logró determinar que el valor del Límite Plástico con esta dosificación fue de 20%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), el LP aumentó en un 5.26% al pasar de 19% a 20%. En relación a ello, este aumento del LP puede ser interpretado como una mejora estabilizante mínima, al representar el mayor requerimiento de humedad del suelo para entrar en un estado de deformaciones no recuperables (Estado Plástico). En tal caso, conociendo estos valores se determinó el valor del Índice de Plasticidad con la presente dosificación:  $IP = LL - LP = 5\%$ . De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), el IP disminuyó en un 66.66% al pasar de 15% a 5%. En relación a ello, se puede interpretar que la adición de la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), posee atributos estabilizantes al reducir la plasticidad de suelos arcillosos. Esto se ve verificado mediante la Tabla 5, donde se logra identificar el efecto estabilizante al pasar de un suelo con plasticidad media ( $IP=15\%$ ) a un suelo con plasticidad baja ( $IP=5\%$ ).

Con respecto a la dosificación **M3 (0.75%FP + 2%LAR)**; para el ensayo de Límite Líquido (MTC E 110), el cual se puede observar en la Figura 31, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 200 gr necesaria para el ensayo, se le incorporaron 1.50 gr de FP y 4.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de la Copa de Casagrande se logró determinar que el valor del Límite Líquido con esta dosificación fue de 26%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), el LL disminuyó en un 23.52% al pasar de 34% a 26%. En relación a ello, la reducción del valor del Límite Líquido de un suelo puede interpretarse como una reducción de su rango plástico. Asimismo, este resultado también puede ser interpretado como el menor requerimiento de humedad del suelo, para pasar del estado plástico al estado semilíquido.

### Figura 31

Ensayos de Límites de Consistencia con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR)



Nota. Fuente: Propia

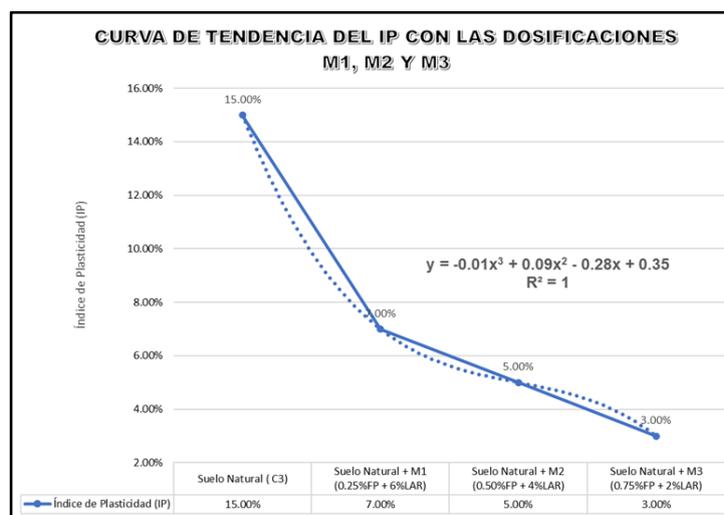
Asimismo, para el ensayo de Límite Plástico (MTC E 111), el cual se puede observar en la Figura 31, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 20 gr necesaria para el ensayo, se le incorporaron 0.15 gr de FP y 0.40 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que se basó en la formación de rodillos de 6mm se logró determinar que el valor del Límite Plástico con esta dosificación fue de 23%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), el LP aumentó en un 21.05% al pasar de 19% a 23%. En relación a ello, este aumento del LP puede ser interpretado como una mejora estabilizante mayor, al representar el mayor requerimiento de humedad del suelo para entrar en un estado de deformaciones no recuperables (Estado Plástico). En tal caso, conociendo estos valores se determinó el valor del Índice de Plasticidad con la presente dosificación:  $IP = LL - LP = 3\%$ . De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), el IP disminuyó en un 80.00% al pasar de 15% a 3%. En relación a ello, se puede interpretar que la adición de la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), posee atributos estabilizantes al reducir la plasticidad de suelos arcillosos. Esto se ve verificado mediante la Tabla 5, donde se logra identificar el efecto estabilizante al pasar de un suelo con plasticidad media ( $IP=15\%$ ) a un suelo con plasticidad baja ( $IP=3\%$ ).

En ese sentido por medio del análisis de la Figura 32, en la cual se observa la curva y ecuación de tendencia de la variación del Índice de Plasticidad (IP) en

relación a la incorporación de las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR), se identificó que las tres dosificaciones estudiadas (M1, M2 y M3) lograron reducir, en diferentes niveles de impacto, el Índice de Plasticidad (IP) de la subrasante del suelo natural ensayado (C3). Lo cual representa un efecto estabilizante positivo, debido a que valores menores del IP representan suelos menos plásticos, los cuales darán mejores respuestas funcionales antes los esfuerzos y deformaciones producto del tránsito de vehículos en las infraestructuras viales. Asimismo, se logró observar la tendencia polinómica del IP a disminuir al aumentar las proporciones de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y reducirse las proporciones de lubricante automotriz reciclado (LAR). En este sentido, se logró identificar que la dosificación que causa los mejores resultados estabilizantes al reducir en gran medida la plasticidad del suelo natural ensayado (C-3) es la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR). Conforme a ello, analizando técnicamente nuestros resultados se logró identificar que la reducción del valor del LL al incorporar las 3 dosificaciones estudiadas, se ve motivada por la consistencia viscosa del LAR; el cual reemplazó en distintos niveles de impacto, una fracción de la humedad (%) del LL del suelo natural. Asimismo, se identificó que la tendencia a aumentar del LP posee su origen en las FP. Las cuales, durante el ensayo, debido a sus dimensiones, aceleraron el proceso de desmoronamiento de las muestras durante la formación de los rodillos de 6mm.

**Figura 32**

*Curva de Tendencia del IP con las dosificaciones M1, M2 Y M3*



*Nota.* Elaboración propia.

### Contrastación de hipótesis del Objetivo Específico 1:

El planteamiento de hipótesis para la **prueba de normalidad de datos** implica formalizar un análisis estadístico para verificar si los datos se distribuyen normalmente. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para determinar la distribución normal de datos y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 13.

H<sub>0</sub>: Los valores del indicador IP presentan una distribución normal.

H<sub>1</sub>: Los valores del indicador IP no presentan una distribución normal.

**Tabla 13**

*Pruebas de normalidad del indicador IP.*

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice de Plasticidad (IP)	0.288	4	.	0.887	4	0.369

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el tamaño de la muestra  $n=4$ , se selecciona la prueba de Shapiro-Wilk, recomendada para muestras con  $n < 50$ . A continuación, se presenta la Regla de decisión:

Si:  $p > \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es rechazada.

La regla de decisión establece que si el valor “p” obtenido en una prueba de normalidad es superior al nivel de significancia predefinido ( $\alpha=0.05$ ), entonces se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), indicando así que los datos muestran una distribución normal. En este caso específico, el valor p calculado es ( $p=0.369$ ), que excede el valor de 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), concluyendo que los datos del indicador IP se ajustan a una distribución normal. Basándonos en esta normalidad de los datos, procederemos con el análisis de varianzas.

La aplicación del análisis de **homogeneidad de varianzas** es esencial para validar los resultados del ANOVA y garantizar la precisión de las inferencias estadísticas. Al verificar el supuesto podemos tomar decisiones informadas sobre el análisis estadístico apropiado a aplicar y asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para la prueba de homogeneidad de varianzas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 14.

H<sub>0</sub>: Existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador IP.

H<sub>1</sub>: No existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador IP.

**Tabla 14**

*Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador IP*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
IP	Basada en la media	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana y con gl ajustado	,000	3	8,000	1,000
	Basada en la media recortada	,000	3	8	1,000

*Nota.* Elaboración propia.

En ese sentido, la Regla de decisión es:

Si:  $p > \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es rechazada.

$$p = 1.00 > 0.05$$

En tal sentido, aceptamos H<sub>0</sub>, concluyendo que existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador IP. Por lo tanto, se cumple uno de los supuestos necesarios para realizar el análisis de varianzas (ANOVA).

El **análisis de varianzas** (ANOVA) es un procedimiento estadístico diseñado para evaluar si hay diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos independientes. Es especialmente útil para evaluar el impacto de diferentes tratamientos o condiciones experimentales en una variable dependiente continua. A continuación, se presentan las hipótesis estadísticas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 15.

**Hipótesis estadísticas:**

H<sub>0</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) no impacta significativamente en el IP de suelos arcillosos.

H<sub>1</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el IP de suelos arcillosos.

**Tabla 15**

*Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador IP.*

IP	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	249,000	3	83,000	830000,000	,000
Dentro de grupos	,001	8	,000		
Total	249,001	11			

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el valor “p” es inferior al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se descarta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Por lo tanto, existe evidencia estadística sólida para afirmar que la incorporación de diferentes dosificaciones de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado impacta significativamente en el IP de suelos arcillosos.

**Objetivo Específico 2:** Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en la **MDS** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.

Con respecto al Objetivo Específico 2, se ejecutaron los ensayos de Proctor Modificado (Método A), según los procedimientos previamente descritos, en muestras de suelo de la subrasante de la Calicata C-3, la cual se encuentra en la progresiva 7+000 Km de la ruta vecinal AY-794, a las cuales se le incorporaron las 3 dosificaciones combinadas de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y lubricante automotriz reciclado (LAR): M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En ese sentido, en la Tabla 16 presentada a continuación se puede observar el consolidado de los valores obtenidos de estos ensayos para las tres dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR).

**Tabla 16**

*Resultados de la MDS de ensayos de Proctor Modificado de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3*

Muestra	Máxima Densidad Seca (MDS) gr/cm <sup>3</sup>	Variación Porcentual MDS (%)	Ensayo Proctor Modificado
Suelo Natural (C-3)	1.601	0.00%	Método A
Suelo Natural + M1 (0.25%FP + 6%LAR)	1.871	+16.86%	Método A
Suelo Natural + M2 (0.50%FP + 4%LAR)	1.900	+18.68%	Método A
Suelo Natural + M3 (0.75%FP + 2%LAR)	1.953	+21.99%	Método A

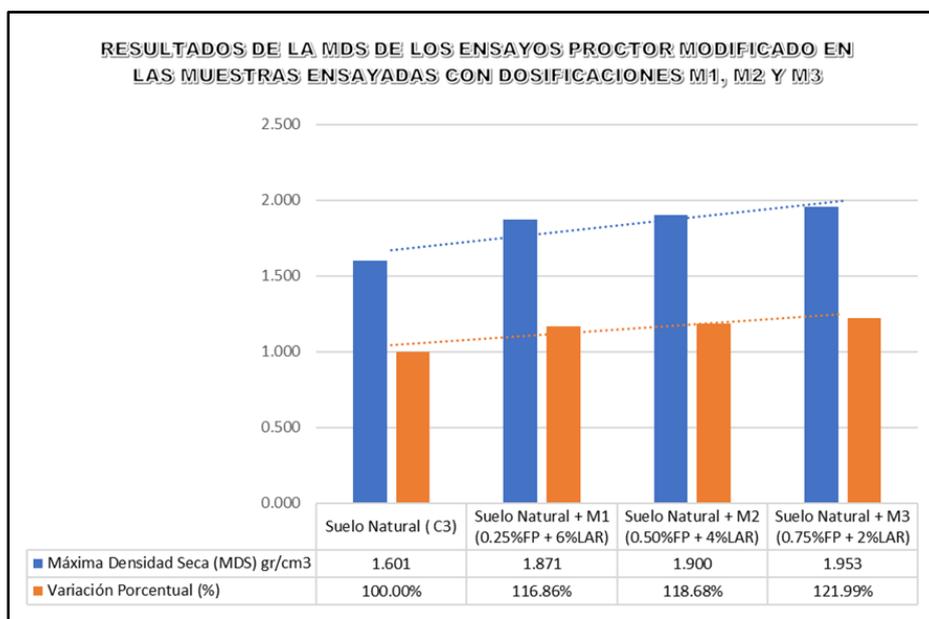
*Nota.* Elaboración propia.

Adicionalmente, mediante la Figura 33 logramos identificar la representación gráfica comparativa de los resultados obtenidos de la MDS de los ensayos de Proctor Modificado para la muestra de Suelo Natural (C3) y las muestras ensayadas

incorporando las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En relación a ello, estos resultados podrán ser visualizados en las fichas de resultados del laboratorio en el **Anexo 4**.

**Figura 33**

*Variación de la Máxima Densidad Seca de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3*



*Nota.* Elaboración propia.

Con respecto a la dosificación **M1 (0.25%FP + 6%LAR)**, para el ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115), el cual se puede observar en la Figura 34, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a cada muestra de suelo natural de 2300 gr necesaria para cada punto de la curva de compactación, se le incorporaron 5.75 gr de FP y 138.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de un molde de 4" y un pisón manual se logró determinar que el valor de la MDS con esta dosificación fue de 1.871 gr/cm3. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), la MDS aumentó en un 16.86% al pasar de 1.601 a 1.871 gr/cm3. En relación a ello, este aumento de la MDS nos permite identificar que al incorporar la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR) al suelo arcilloso, estamos mejorando su compactación, otorgándole de esta forma un efecto estabilizante positivo. En este sentido, los suelos bien compactados responden de manera más eficiente a los

esfuerzos y deformaciones producto del tránsito vehicular, esto debido a que su menor volumen de vacíos permite mayores áreas de contacto entre las partículas del suelo, lo que representa una mayor capacidad de soporte del mismo.

### Figura 34

*Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR)*



Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la dosificación **M2 (0.50%FP + 4%LAR)**, para el ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115), el cual se puede observar en la Figura 35, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a cada muestra de suelo natural de 2300 gr necesaria para cada punto de la curva de compactación, se le incorporaron 11.50 gr de FP y 92.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de un molde de 4" y un pisón manual se logró determinar que el valor de la MDS con esta dosificación fue de 1.900 gr/cm<sup>3</sup>. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), la MDS aumentó en un 18.68% al pasar de 1.601 a 1.900 gr/cm<sup>3</sup>. En relación a ello, este aumento de la MDS nos permite identificar que al incorporar la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR) al suelo arcilloso estamos mejorando su

compactación, otorgándole de esta forma un efecto estabilizante positivo. En este sentido, los suelos bien compactados responden de manera más eficiente a los esfuerzos y deformaciones producto del tránsito vehicular, esto debido a que su menor volumen de vacíos permite mayores áreas de contacto entre las partículas del suelo, lo que representa una mayor capacidad de soporte del mismo.

### Figura 35

Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR)



Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la dosificación **M3 (0.75%FP + 2%LAR)**, para el ensayo de Proctor Modificado (MTC E 115), el cual se puede observar en la Figura 36, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a cada muestra de suelo natural de 2300 gr necesaria para cada punto de la curva de compactación, se le incorporaron 17.25 gr de FP y 46.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de un molde de 4" y un pisón manual se logró determinar que el valor de la MDS con esta dosificación fue de 1.953 gr/cm<sup>3</sup>. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), la MDS aumentó en un 21.99% al pasar de 1.601 a 1.953 gr/cm<sup>3</sup>. En

relación a ello, este aumento de la MDS nos permite identificar que al incorporar la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR) al suelo arcilloso estamos mejorando su compactación, otorgándole de esta forma un efecto estabilizante positivo. En este sentido, los suelos bien compactados responden de manera más eficiente a los esfuerzos y deformaciones producto del tránsito vehicular, esto debido a que su menor volumen de vacíos permite mayores áreas de contacto entre las partículas del suelo, lo que representa una mayor capacidad de soporte del mismo.

### Figura 36

*Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR)*



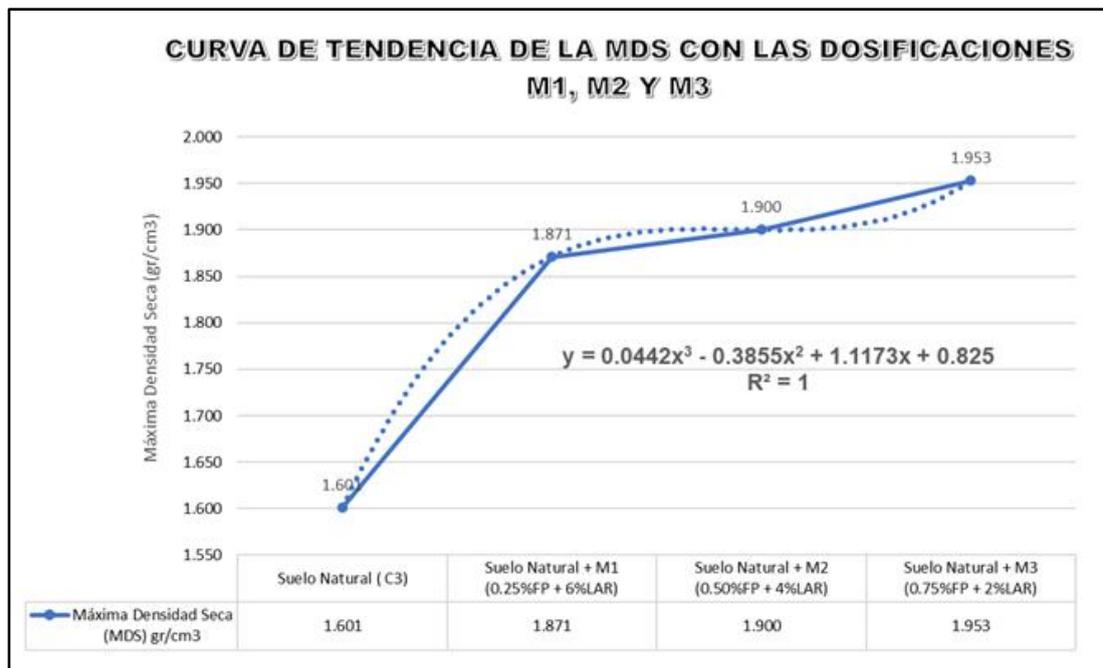
Nota. Fuente: Propia

Por medio del análisis de la Figura 37, en la cual se observa la curva y ecuación de tendencia de la variación de la **MDS** en relación a la adición de las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR), se identificó que las tres dosificaciones estudiadas (M1, M2 y M3) lograron aumentar, en diferentes niveles de impacto, la MDS de la subrasante del suelo natural ensayado (C3). Lo cual representa un efecto estabilizante positivo, debido a que un mayor valor de la MDS nos indica que el suelo se encuentra mejor compactado. En este sentido, la compactación es esencial para este tipo de suelos

arcillosos, ya que la mayoría de estos se caracterizan por sus propiedades expansivas, las cuales traen muchos problemas a lo largo de la vida útil de las infraestructuras viales. En relación a ello, al aumentar la compactación del suelo, estamos fomentando que las partículas del suelo se acomoden disminuyendo el volumen de vacíos por lo que de esta manera también se reducen los espacios libres por los que podría ingresar el agua para fomentar el proceso expansivo de los suelos. Adicionalmente, se logró observar la tendencia polinómica de la MDS a incrementar al aumentar las proporciones de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y reducirse las proporciones de lubricante automotriz reciclado (LAR). En este sentido, se logró identificar que la dosificación que causa los mejores resultados estabilizantes al mejorar la compactación del suelo natural ensayado (C3) es la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR). Conforme a ello, analizando técnicamente nuestros resultados, se identificó que el aumento del valor de la MDS al incorporar las tres dosificaciones estudiadas, se origina por la delgadez de las FP y la viscosidad del LAR. Estas actúan conjuntamente fomentando el ordenamiento y deslizamiento de las partículas del suelo, logrando reducir significativamente el volumen de vacíos.

**Figura 37**

*Curva de Tendencia de la MDS con las dosificaciones M1, M2 Y M3*



*Nota.* Elaboración propia.

## Contrastación de hipótesis del Objetivo Específico 2:

El planteamiento de hipótesis para la **prueba de normalidad de datos** implica formalizar un análisis estadístico para verificar si los datos se distribuyen normalmente. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para determinar la distribución normal de datos y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 17.

H<sub>0</sub>: Los valores del indicador MDS presentan una distribución normal.

H<sub>1</sub>: Los valores del indicador MDS no presentan una distribución normal.

**Tabla 17**

*Pruebas de normalidad del indicador MDS.*

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Máxima Densidad Seca (MDS)	0.350	4	.	0.821	4	0.146

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el tamaño de la muestra  $n=4$ , se selecciona la prueba de Shapiro-Wilk, recomendada para muestras con  $n < 50$ . A continuación, se presenta la Regla de decisión:

Si:  $p > \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es rechazada.

La regla de decisión establece que si el valor “p” obtenido en una prueba de normalidad es superior al nivel de significancia predefinido ( $\alpha=0.05$ ), entonces se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), indicando así que los datos muestran una distribución normal. En este caso específico, el valor p calculado es ( $p=0.146$ ), que excede el valor de 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), concluyendo que los datos del indicador MDS se ajustan a una distribución normal. Basándonos en esta normalidad de los datos, procederemos con el análisis de varianzas.

La aplicación del análisis de **homogeneidad de varianzas** es esencial para validar los resultados del ANOVA y garantizar la precisión de las inferencias estadísticas. Al verificar el supuesto podemos tomar decisiones informadas sobre el análisis estadístico apropiado a aplicar y asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para la prueba de homogeneidad de varianzas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 18.

$H_0$ : Existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador MDS.

$H_1$ : No existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador MDS.

**Tabla 18**

*Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador MDS.*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
MDS	Basada en la media	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana y con gl ajustado	,000	3	8,000	1,000
	Basada en la media recortada	,000	3	8	1,000

*Nota.* Elaboración propia.

En ese sentido, la Regla de decisión es:

Si:  $p > \alpha$ , entonces  $H_0$  es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces  $H_0$  es rechazada.

$$p = 1.00 > 0.05$$

En tal sentido, aceptamos  $H_0$ , concluyendo que existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador MDS. Por lo tanto, se cumple uno de los supuestos necesarios para realizar el análisis de varianzas (ANOVA).

El **análisis de varianzas** (ANOVA) es un procedimiento estadístico diseñado para evaluar si hay diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos independientes. Es especialmente útil para evaluar el impacto de diferentes tratamientos o condiciones experimentales en una variable dependiente continua. A continuación, se presentan las hipótesis estadísticas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 19.

**Hipótesis estadísticas:**

H<sub>0</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) no impacta significativamente en la MDS de suelos arcillosos.

H<sub>1</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en la MDS de suelos arcillosos.

**Tabla 19**

*Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador MDS*

MDS	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,222	3	,074	74144,750	,000
Dentro de grupos	,000	8	,000		
Total	,222	11			

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el valor “p” es inferior al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se descarta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Por lo tanto, existe evidencia estadística sólida para afirmar que la incorporación de diferentes dosificaciones de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado impacta significativamente en la MDS de suelos arcillosos.

**Objetivo Específico 3:** Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **OCH** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.

Con respecto al Objetivo Específico 3, nos apoyamos en los valores conseguidos de los ensayos de Proctor Modificado (MTC E 115) previamente realizados y descritos en el Objetivo Específico 2. En este sentido, los ensayos Proctor Modificado nos permitieron conocer cómo variaron ambas propiedades mecánicas del suelo (MDS y OCH) de la subrasante de la Calicata C-3, la cual se encuentra en la progresiva 7+000 Km de la ruta vecinal AY-794, al incorporar las 3 dosificaciones combinadas de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y lubricante automotriz reciclado (LAR): M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En ese sentido, en la Tabla 20 presentada a continuación se puede visualizar el compilado de valores obtenidos de estos ensayos para las tres dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR).

**Tabla 20**

*Resultados del OCH de ensayos de Proctor Modificado de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3.*

Muestra	Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	Variación Porcentual OCH (%)	Ensayo Proctor Modificado
Suelo Natural (C-3)	20.56%	0.00%	Método A
Suelo Natural + M1 (0.25%FP + 6%LAR)	11.19%	-45.57%	Método A
Suelo Natural + M2 (0.50%FP + 4%LAR)	10.92%	-46.89%	Método A
Suelo Natural + M3 (0.75%FP + 2%LAR)	7.11%	-65.42%	Método A

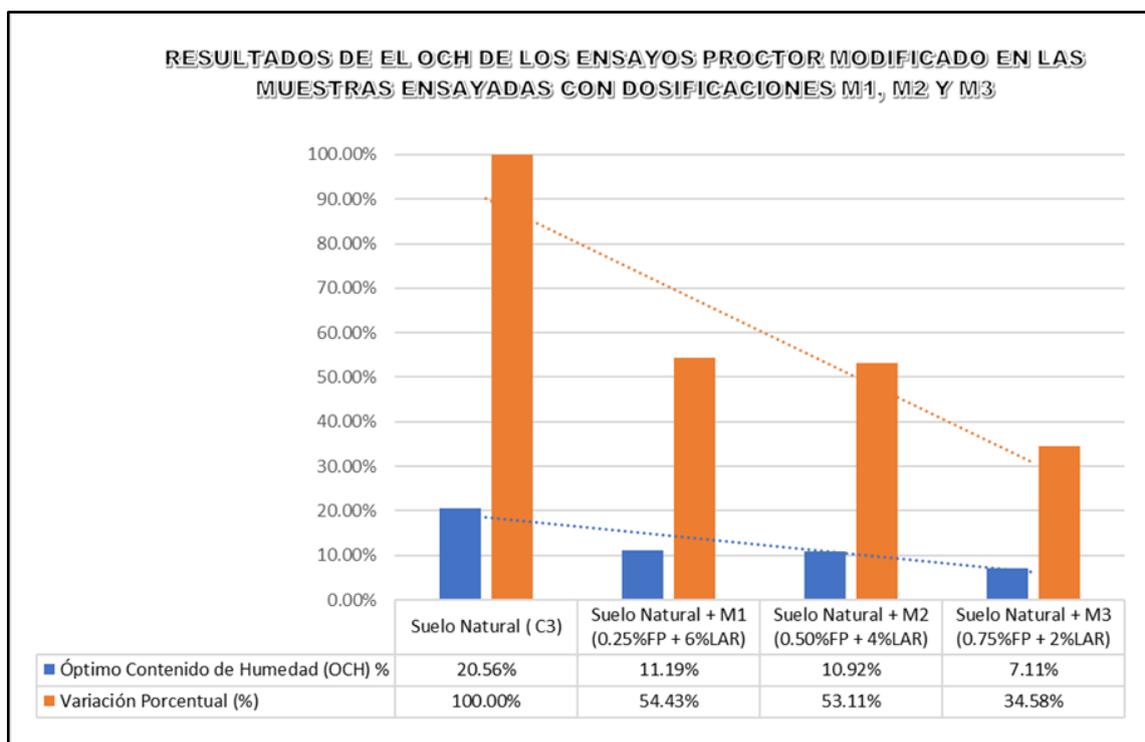
*Nota.* Elaboración propia.

Adicionalmente, mediante la Figura 38 logramos identificar la representación gráfica comparativa de los resultados obtenidos del OCH de los ensayos de Proctor Modificado para la muestra de Suelo Natural (C3) y las muestras ensayadas

incorporando las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En relación a ello, estos resultados podrán ser visualizados en las fichas de resultados del laboratorio en el **Anexo 4**.

**Figura 38**

*Variación del Óptimo Contenido de Humedad de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3.*



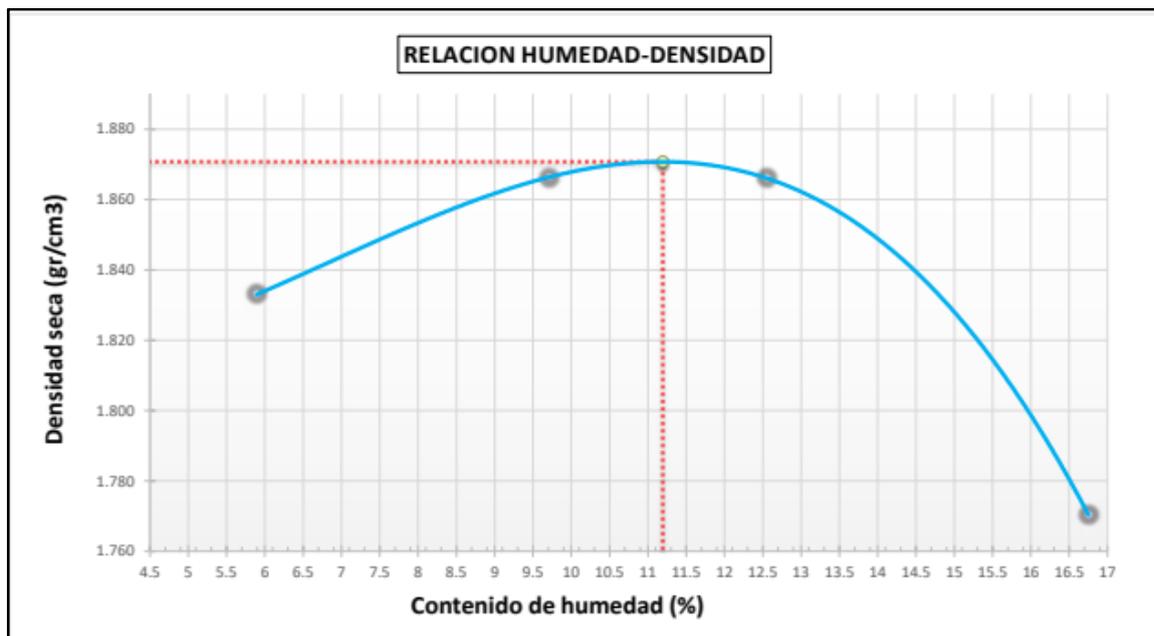
*Nota.* Elaboración propia.

Con respecto a la dosificación **M1 (0.25%FP + 6%LAR)**, el valor del OCH se obtuvo del ensayo Proctor Modificado (MTC E 115) previamente realizado con esta dosificación para el Objetivo Específico 2. En ese sentido, se logra visualizar la curva de compactación producto de este ensayo en la Figura 39. En relación a ello, será importante detallar que durante el proceso del ensayo se identificó el aumento mínimo del número de golpes necesarios con el pisón manual para extraer la muestra compactada del molde de 4", en comparación a los de la muestra de suelo natural (C3). Asimismo, se observó que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR) la identificación visual de la presencia de las fibras de pseudotallo del plátano fue mínima. Pero que en contraparte, la identificación visual del lubricante automotriz reciclado fue alta, debido a que le dio a la muestra de suelo una notoria coloración oscura. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de un molde

de 4" y un pisón manual se logró determinar que el valor del OCH con esta dosificación fue de 11.19%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), el OCH disminuyó en un 45.57% al pasar de 20.56% a 11.19%. En relación a ello, la disminución del valor del OCH representa un menor requerimiento de humedad del suelo para poder llegar a su mejor nivel de compactación.

### Figura 39

Curva de Compactación del Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR)



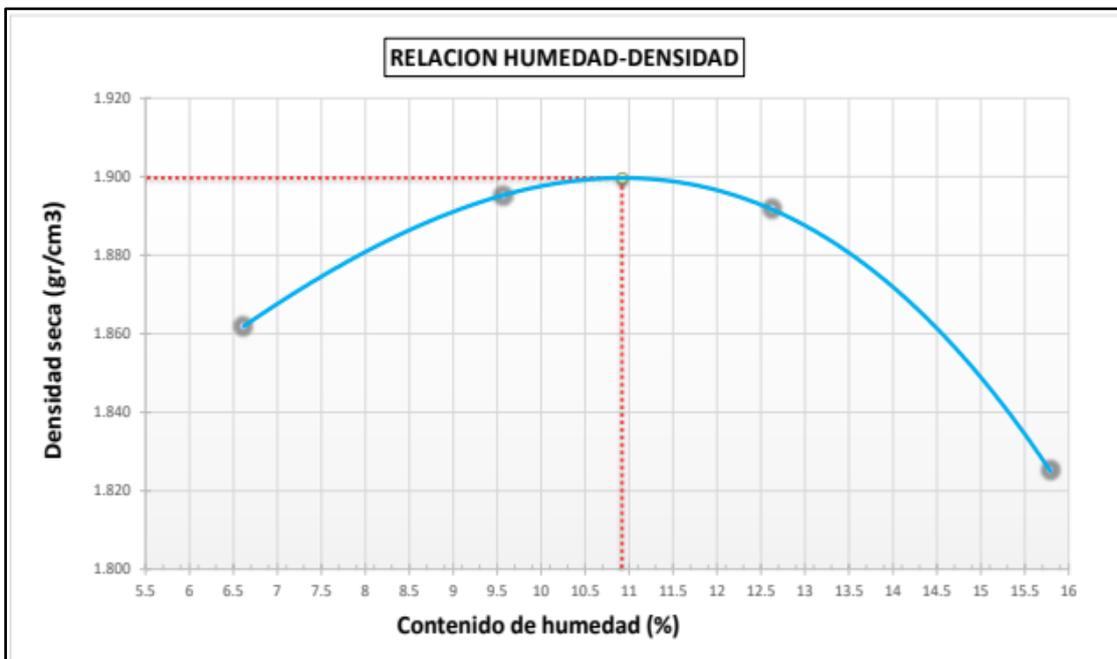
Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la dosificación **M2 (0.50%FP + 4%LAR)**, el valor del OCH se obtuvo del ensayo Proctor Modificado (MTC E 115) previamente realizado con esta dosificación para el Objetivo Específico 2. En ese sentido, se logra visualizar la curva de compactación producto de este ensayo en la Figura 40. En relación a ello, será importante detallar que durante el proceso del ensayo se identificó un mayor aumento del número de golpes necesarios con el pisón manual para extraer la muestra compactada del molde de 4", en comparación a los de la muestra de suelo natural (C3). Asimismo, se observó que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR) la identificación visual de la presencia de las fibras de pseudotallo del plátano fue media, logrando observarse sobresalientes de los moldes al realizar los ensayos.

Asimismo, la identificación visual del lubricante automotriz reciclado fue media, debido a que le dio a la muestra de suelo una menor coloración oscura. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de un molde de 4" y un pisón manual se logró determinar que el valor del OCH con esta dosificación fue de 10.92%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), el OCH disminuyó en un 46.89% al pasar de 20.56% a 10.92%. En relación a ello, la disminución del valor del OCH representa un menor requerimiento de humedad del suelo para poder llegar a su mejor nivel de compactación.

### Figura 40

Curva de Compactación del Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR)



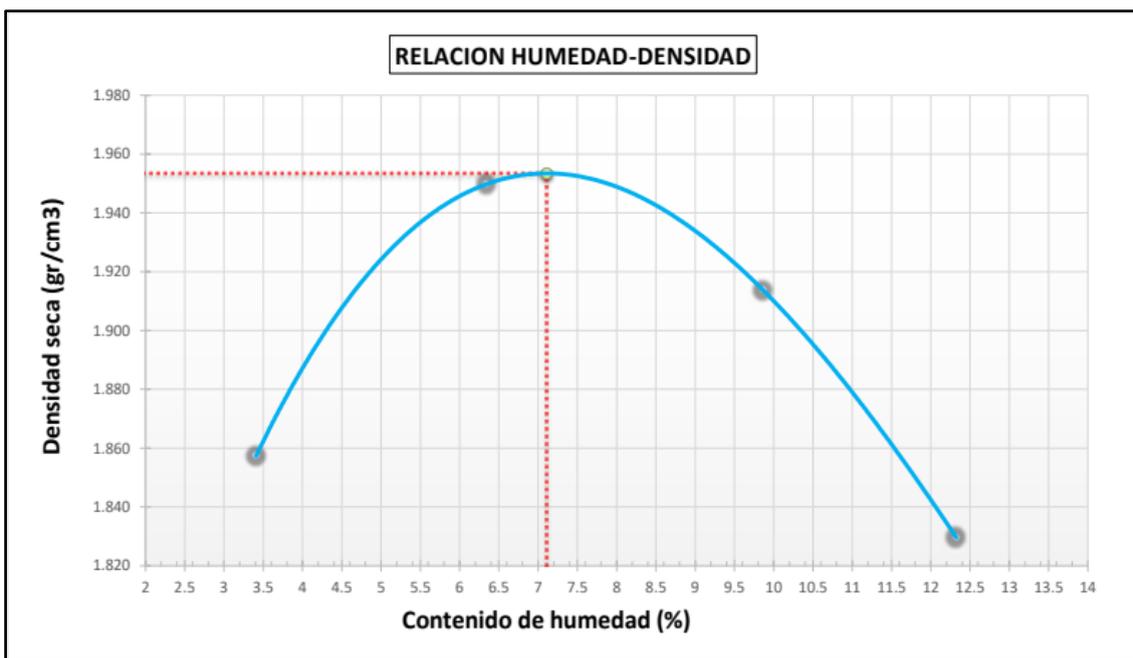
Nota. Fuente: Propia

Con respecto a la dosificación **M3 (0.75%FP + 2%LAR)**, el valor del OCH se obtuvo del ensayo Proctor Modificado (MTC E 115) previamente realizado con esta dosificación para el Objetivo Específico 2. En ese sentido, se logra visualizar la curva de compactación producto de este ensayo en la Figura 41. En relación a ello, será importante detallar que durante el proceso del ensayo se identificó el máximo aumento presentado del número de golpes necesarios con el pisón manual para extraer la muestra compactada del molde de 4", en comparación a los de la muestra

de suelo natural (C3). Asimismo, se observó que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR) la identificación visual de la presencia de las fibras de pseudotallo del plátano fue alta, logrando observarse varias sobresalientes de los moldes al realizar los ensayos. Por contraparte, la identificación visual del lubricante automotriz reciclado fue baja, debido a que le dio a la muestra de suelo una mínima coloración oscura. En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que hizo uso de un molde de 4" y un pisón manual se logró determinar que el valor del OCH con esta dosificación fue de 7.11%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), el OCH disminuyó en un 65.42% al pasar de 20.56% a 7.11%. En relación a ello, la disminución del valor del OCH representa un menor requerimiento de humedad del suelo para poder llegar a su mejor nivel de compactación.

**Figura 41**

*Curva de Compactación del Ensayo Proctor Modificado con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR)*



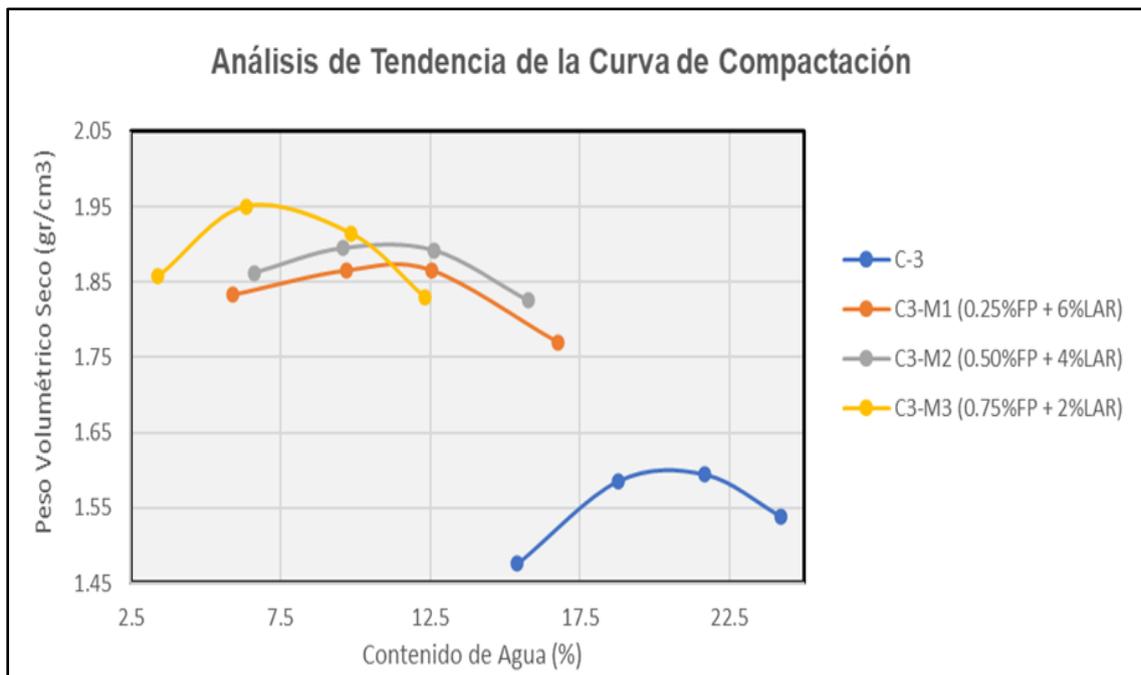
Nota. Fuente: Propia.

Conforme a ello, tal como se logra visualizar en la Figura 42, se realizó el análisis de tendencia de la curva de compactación del suelo natural (C3) al incorporar las 3 dosificaciones: M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). De ello, se logró identificar la tendencia de la curva a

desplazarse hacia la izquierda y arriba al agregar las dosificaciones previamente mencionadas. En ese sentido, este suceso normalmente se atribuye al uso de mayores energías de compactación, lo cual difiere de lo realmente realizado, ya que se utilizó el mismo procedimiento y energía de compactación en todos los ensayos. Por lo tanto, se logró identificar que la adición de estas dosificaciones al suelo natural, optimizó su recepción de las energías compactantes; lo cual representa un efecto estabilizante sumamente positivo.

**Figura 42**

*Análisis de tendencia de la Curva de Compactación.*



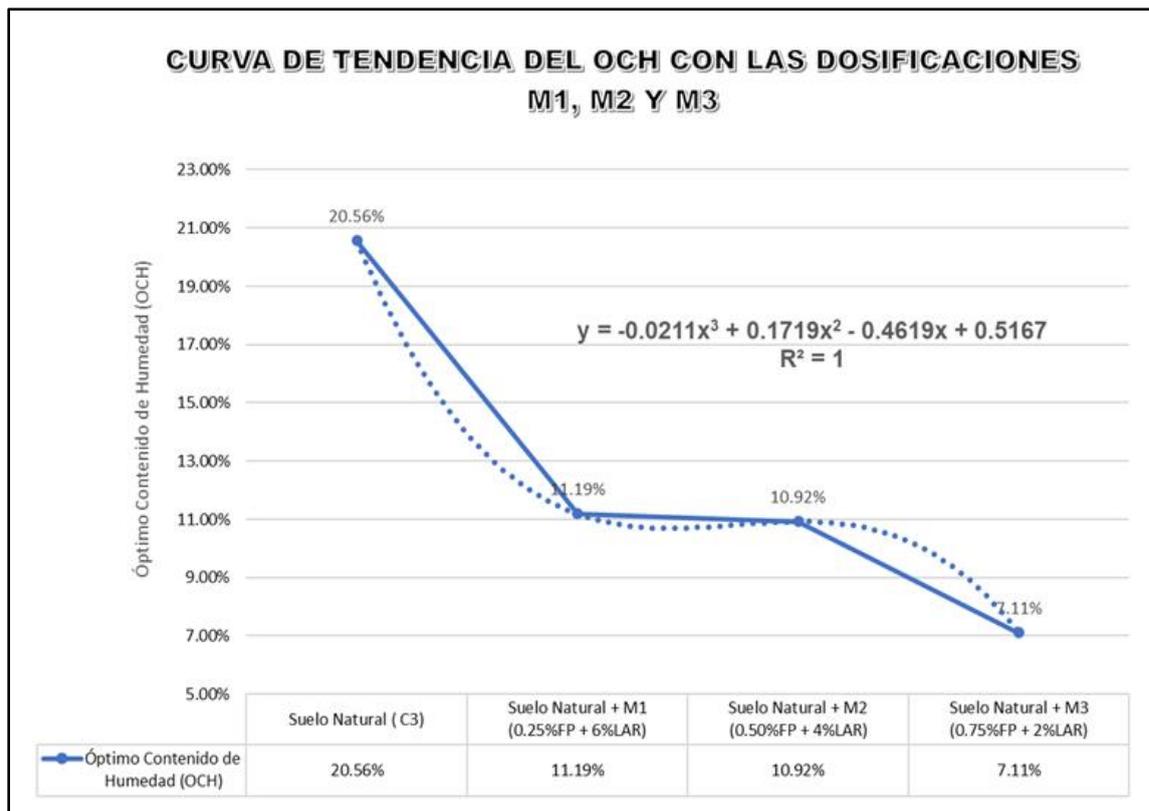
Nota. Fuente: Propia

Por medio del análisis de la Figura 43, en la cual se observa la curva y ecuación de tendencia de la variación del OCH con respecto a la incorporación de las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR), se identificó que las tres dosificaciones estudiadas (M1, M2 y M3) lograron disminuir, en diferentes niveles de impacto, el OCH de la subrasante del suelo natural ensayado (C3). Lo cual representa un efecto estabilizante positivo o negativo, dependiendo de las condiciones climáticas y meteorológicas de la zona donde se desee aplicar. En este sentido, este efecto sería positivo en zonas con bajas precipitaciones o donde la subrasante tenga buenas condiciones de drenaje.

De forma que estas condiciones permitan mantener estable la humedad del suelo en el OCH. En tal sentido, una disminución del OCH también tiene un efecto positivo en la parte constructiva debido a que disminuye el requerimiento de agua en obra para estabilización, lo cual posee un impacto positivo en el presupuesto de cualquier proyecto vial. Adicionalmente, se logró observar la tendencia polinómica del OCH a disminuir al aumentar las proporciones de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y reducirse las proporciones de lubricante automotriz reciclado (LAR). En este sentido, se logró identificar que la dosificación que causa los mejores resultados estabilizantes al reducir el requerimiento de humedad del suelo para poder llegar a su mejor nivel de compactación es la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR).

**Figura 43**

*Curva de Tendencia del OCH con las dosificaciones M1, M2 Y M3.*



*Nota.* Elaboración propia.

### Contrastación de hipótesis del Objetivo Específico 3:

El planteamiento de hipótesis para la **prueba de normalidad de datos** implica formalizar un análisis estadístico para verificar si los datos se distribuyen normalmente. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para determinar la distribución normal de datos y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 21.

H<sub>0</sub>: Los valores del indicador OCH presentan una distribución normal.

H<sub>1</sub>: Los valores del indicador OCH no presentan una distribución normal.

**Tabla 21**  
*Pruebas de normalidad del indicador OCH*

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	0.337	4	.	0.878	4	0.332

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el tamaño de la muestra  $n=4$ , se selecciona la prueba de Shapiro-Wilk, recomendada para muestras con  $n < 50$ . A continuación se presenta la Regla de decisión:

Si:  $p > \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es rechazada.

La regla de decisión establece que si el valor “p” obtenido en una prueba de normalidad es superior al nivel de significancia predefinido ( $\alpha=0.05$ ), entonces se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), indicando así que los datos muestran una distribución normal. En este caso específico, el valor p calculado es ( $p=0.332$ ), que excede el valor de 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), concluyendo que los datos del indicador OCH se ajustan a una distribución normal. Basándonos en esta normalidad de los datos, procederemos con el análisis de varianzas.

La aplicación del análisis de **homogeneidad de varianzas** es esencial para validar los resultados del ANOVA y garantizar la precisión de las inferencias estadísticas. Al verificar el supuesto podemos tomar decisiones informadas sobre el análisis estadístico apropiado a aplicar y asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para la prueba de homogeneidad de varianzas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 22.

$H_0$ : Existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador OCH.

$H_1$ : No existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador OCH.

**Tabla 22**

*Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador OCH.*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
OCH Basada en la media	,000	3	8	1,000
Basada en la mediana	,000	3	8	1,000
Basada en la mediana y con gl ajustado	,000	3	8,000	1,000
Basada en la media recortada	,000	3	8	1,000

*Nota.* Elaboración propia.

En ese sentido, la Regla de decisión es:

Si:  $p > \alpha$ , entonces  $H_0$  es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces  $H_0$  es rechazada.

$$p = 1.00 > 0.05$$

En tal sentido, aceptamos  $H_0$ , concluyendo que existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador OCH. Por lo tanto, se cumple uno de los supuestos necesarios para realizar el análisis de varianzas (ANOVA).

El **análisis de varianzas** (ANOVA) es un procedimiento estadístico diseñado para evaluar si hay diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos independientes. Es especialmente útil para evaluar el impacto de diferentes tratamientos o condiciones experimentales en una variable dependiente continua. A continuación, se presentan las hipótesis estadísticas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 23.

**Hipótesis estadísticas:**

H<sub>0</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) no impacta significativamente en el OCH de suelos arcillosos.

H<sub>1</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el OCH de suelos arcillosos.

**Tabla 23**

*Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador OCH.*

OCH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	294,648	3	98,2160	982161,00	,000
Dentro de grupos	,001	8	,000		
Total	294,649	11			

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el valor “p” es inferior al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se descarta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Por lo tanto, existe evidencia estadística sólida para afirmar que la incorporación de diferentes dosificaciones de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado impacta significativamente en el OCH de suelos arcillosos.

**Objetivo Específico 4:** Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **CBR** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.

Con respecto al Objetivo Específico 4, se realizaron los ensayos de CBR en Laboratorio (MTC E 132), según los procedimientos previamente descritos, en muestras de suelo de la subrasante de la Calicata C-3, la cual se encuentra en la progresiva 7+000 Km de la ruta vecinal AY-794, a las cuales se le incorporaron las 3 dosificaciones combinadas de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y lubricante automotriz reciclado (LAR): M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En ese sentido, en la Tabla 24 presentada a continuación se puede observar el compilado de valores obtenidos de estos ensayos para las tres dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR).

**Tabla 24**  
*Resultados de ensayos de CBR de las muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3*

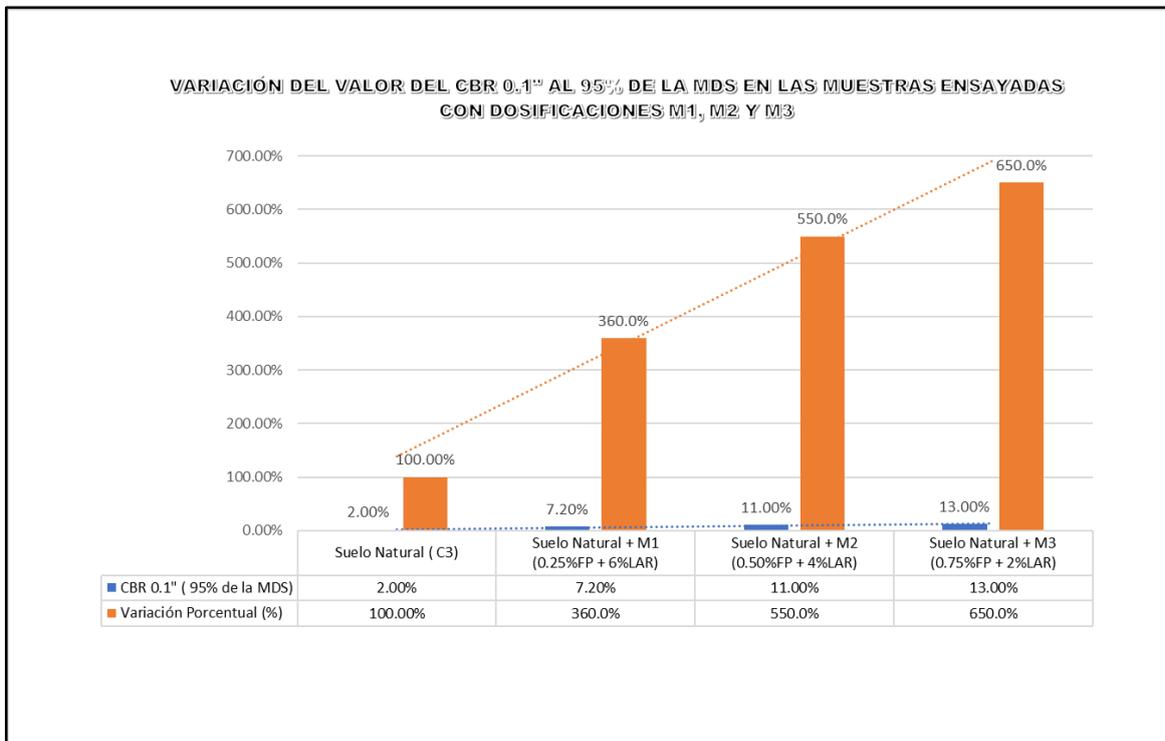
Muestra	CBR 0.1" (California Bearing Ratio)		Variación Porcentual del CBR 0.1" (%)	
	CBR al 95% MDS	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS	CBR al 100% MDS
Suelo Natural (C-3)	2.00%	7.60%	0.00%	0.00%
Suelo Natural + M1 (0.25%FP + 6%LAR)	7.20%	16.00%	+260.00%	+110.5%
Suelo Natural + M2 (0.50%FP + 4%LAR)	11.00%	17.30%	+450.00%	+127.6%
Suelo Natural + M3 (0.75%FP + 2%LAR)	13.00%	22.00%	+550.00%	+189.5%

*Nota.* Fuente: Propia.

Adicionalmente, mediante la Figura 44 y 45 logramos identificar la representación gráfica comparativa de los resultados obtenidos del CBR al 95% de la MDS y al 100% de la MDS respectivamente, de los ensayos de CBR en Laboratorio (MTC E 132) para la muestra de Suelo Natural (C-3) y las muestras ensayadas incorporando las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR), M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En relación a ello, estos resultados podrán ser visualizados en las fichas de resultados del laboratorio en el **Anexo 4**.

**Figura 44**

*Variación del CBR al 95% MDS de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3.*

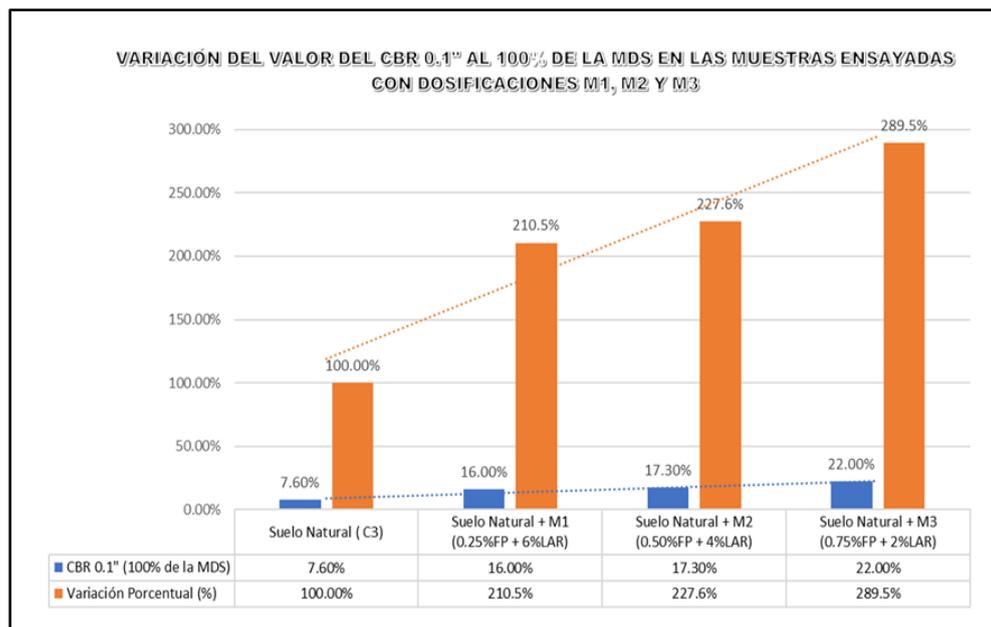


*Nota.* Elaboración propia.

Asimismo, dentro de estos gráficos se puede identificar como van variando porcentualmente estos CBR (%) en comparación con el de la subrasante del suelo natural (C-3). Siendo esta tendencia principalmente creciente.

**Figura 45**

Variación del CBR al 100% MDS de muestras ensayadas con dosificaciones M1, M2 y M3.



Nota. Elaboración propia.

Con respecto a la dosificación **M1 (0.25%FP + 6%LAR)**, para el ensayo de CBR en Laboratorio (MTC E 132), el cual se puede observar en la Figura 46, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 6000 gr, necesaria para cada molde del ensayo, se le incorporaron 15.00 gr de FP y 360.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. Adicionalmente, será necesario aclarar que la MDS= 1.871 gr/cm<sup>3</sup> y OCH= 11.19% utilizados dentro del proceso de compactación de las muestras en el presente ensayo, corresponden a los valores obtenidos del ensayo Proctor Modificado para esta dosificación: M1 (0.25%FP + 6%LAR). En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que se basó en la saturación de muestras compactadas con distintas energías de compactación se logró determinar que el valor del CBR 0.1'' al 95% de la MDS (M1) con esta dosificación fue de 7.20%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), el CBR 0.1'' al 95% de la MDS (M1) aumentó en un 260.00% al pasar de 2.00% a 7.20%. En tal sentido, considerando lo presentado en la Tabla 2 se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante del suelo natural (C-3) al incorporar la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), pasando de la clasificación de "Subrasante

Inadecuada” (CBR al 95% MDS=2.00%) a la de “Subrasante Regular” (CBR al 95% MDS=7.20%).

### Figura 46

Ensayo de CBR con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR)



Nota. Fuente: Propia

Continuamente, tal como se visualiza en la Figura 46, se logró determinar que el valor del CBR 0.1” al 100% de la MDS (M1) con esta dosificación fue de 16.00 %. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), el CBR 0.1” al 100% de la MDS (M1) aumentó en un 110.50% al pasar de 7.60% a 16.00%. En tal sentido, considerando lo presentado en la Tabla 2 se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante del suelo natural (C-3) al incorporar la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), pasando de la clasificación de “Subrasante Regular” (CBR al 100% MDS=7.60%) a la de “Subrasante Buena” (CBR al 100% MDS=16.00%). En relación a ello, se observó que el aumento del valor CBR en ambos casos nos representa un efecto estabilizador positivo a la subrasante del suelo Natural (C-3), al optimizar sus propiedades de soporte y su resistencia a la penetración. Adicionalmente a ello, se logró identificar que con la incorporación de esta dosificación el suelo natural (C-3), que previamente no poseía esta condición, podría ser utilizado como subrasante, debido a que pasa el límite mínimo de CBR=6%.

Con respecto a la dosificación **M2 (0.50%FP + 4%LAR)**, para el ensayo de CBR en Laboratorio (MTC E 132), el cual se puede observar en la Figura 47, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 6000 gr, necesaria para cada molde del ensayo, se le incorporaron 30.00 gr de FP y 240.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. Adicionalmente, será necesario aclarar que la MDS= 1.900 gr/cm<sup>3</sup> y OCH= 10.92% utilizados dentro del proceso de compactación de las muestras en el presente ensayo, corresponden a los valores obtenidos del ensayo Proctor Modificado para esta dosificación: M2 (0.50%FP + 4%LAR). En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que se basó en la saturación de muestras compactadas con distintas energías de compactación se logró determinar que el valor del CBR 0.1" al 95% de la MDS (M2) con esta dosificación fue de 11.00%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), el CBR 0.1" al 95% de la MDS (M2) aumentó en un 450.00% al pasar de 2.00% a 11.00%. En tal sentido, considerando lo presentado en la Tabla 2 se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante del suelo natural (C-3) al incorporar la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), pasando de la clasificación de "Subrasante Inadecuada" (CBR al 95% MDS=2.00%) a la de "Subrasante Buena" (CBR al 95% MDS=11.00%).

### Figura 47

*Ensayo de CBR con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR)*



Nota. Fuente: Propia

Continuamente, tal como se visualiza en la Figura 47, se logró determinar que el valor del CBR 0.1" al 100% de la MDS (M2) con esta dosificación fue de 17.30%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), el CBR 0.1" al 100% de la MDS (M2) aumentó en un 127.60% al pasar de 7.60% a 17.30%. En tal sentido, considerando lo presentado en la Tabla 2 se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante del suelo natural (C-3) al incorporar la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), pasando de la clasificación de "Subrasante Regular" (CBR al 100% MDS=7.60%) a la de "Subrasante Buena" (CBR al 100% MDS=17.30%). En relación a ello, se observó que el aumento del valor CBR en ambos casos nos representa un efecto estabilizador positivo a la subrasante del suelo Natural (C-3), al optimizar sus propiedades de soporte y su resistencia a la penetración. Adicionalmente a ello, se logró identificar que con la incorporación de esta dosificación el suelo natural (C-3), que previamente no poseía esta condición, podría ser utilizado como subrasante, debido a que pasa el límite mínimo de CBR=6%.

Con respecto a la dosificación **M3 (0.75%FP + 2%LAR)**, para el ensayo de CBR en Laboratorio (MTC E 132), el cual se puede observar en la Figura 48, se siguieron los procedimientos previamente descritos con la única diferencia de que, a la muestra de suelo natural de 6000 gr, necesaria para cada molde del ensayo, se le incorporaron 45.00 gr de FP y 120.00 gr de LAR, correspondientes a los porcentajes de esta dosificación. Adicionalmente, será necesario aclarar que la MDS= 1.953 gr/cm<sup>3</sup> y OCH= 7.11% utilizados dentro del proceso de compactación de las muestras en el presente ensayo, corresponden a los valores obtenidos del ensayo Proctor Modificado para esta dosificación: M3 (0.75%FP + 2%LAR). En tal sentido, apoyándonos del procedimiento que se basó en la saturación de muestras compactadas con distintas energías de compactación se logró determinar que el valor del CBR 0.1" al 95% de la MDS (M3) con esta dosificación fue de 13.00%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), el CBR 0.1" al 95% de la MDS (M3) aumentó en un 550.00% al pasar de 2.00% a 13.00%. En tal sentido, considerando lo presentado en la Tabla 2 se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante del suelo natural (C-3) al incorporar la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), pasando de la clasificación de "Subrasante

Inadecuada” (CBR al 95% MDS=2.00%) a la de “Subrasante Buena” (CBR al 95% MDS=13.00%).

### Figura 48

Ensayo de CBR con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR)



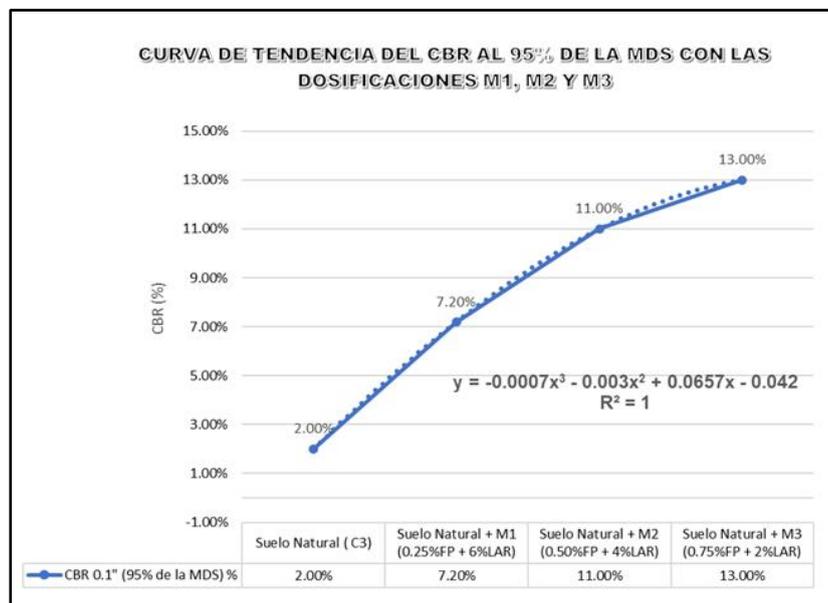
Nota. Fuente: Propia

Continuamente, tal como se visualiza en la Figura 48, se logró determinar que el valor del CBR 0.1” al 100% de la MDS (M3) con esta dosificación fue de 22.00%. De este resultado se logró identificar que con la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), el CBR 0.1” al 100% de la MDS (M3) aumentó en un 189.50% al pasar de 7.60% a 22.00%. En tal sentido, considerando lo presentado en la Tabla 2 se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante del suelo natural (C-3) al incorporar la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), pasando de la clasificación de “Subrasante Regular” (CBR al 100% MDS=7.60%) a la de “Subrasante Muy Buena” (CBR al 100% MDS=22.00%). En relación a ello, se observó que el aumento del valor CBR en ambos casos nos representa un efecto estabilizador positivo a la subrasante del suelo Natural (C-3), al optimizar sus propiedades de soporte y su resistencia a la penetración. Adicionalmente a ello, se logró identificar que con la incorporación de esta dosificación el suelo natural (C-3), que previamente no poseía esta condición, podría ser utilizado como subrasante, debido a que pasa el límite mínimo de CBR=6%.

Por medio del análisis de la Figura 49, en la cual se observa la curva y ecuación de tendencia de la variación del CBR al 95% de la MDS (%) y la Figura 50, en la cual se observa la curva y ecuación de tendencia de la variación del CBR al 100% de la MDS (%) en relación a la incorporación de las dosificaciones M1 (0.25%FP + 6%LAR) , M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR), se identificó que las tres dosificaciones estudiadas ( M1 , M2 y M3) lograron aumentar, en diferentes niveles de impacto, el CBR al 95%-MDS y el CBR al 100%-MDS, de la subrasante del suelo natural ensayado (C-3). Lo cual representa un efecto estabilizador positivo al optimizar la capacidad de soporte y la resistencia a la penetración del suelo natural (C-3).

**Figura 49**

*Curva de Tendencia del CBR al 95% MDS con las dosificaciones M1, M2 Y M3.*



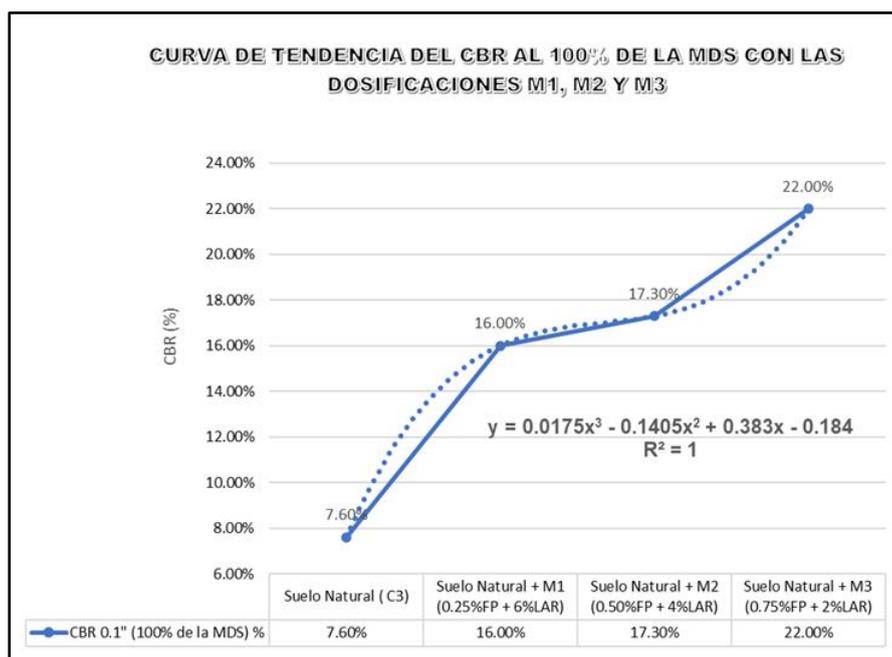
*Nota.* Elaboración propia.

En este sentido, es importante mencionar que al incorporar las tres dosificaciones estudiadas (M1, M2 y M3) se identificó la modificación de la clasificación de la subrasante según la Tabla 2. En relación a ello, la subrasante del suelo natural (C-3) pasó de una clasificación como: “Subrasante Inadecuada” a una “Subrasante Regular” con la incorporación de la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR); y logró pasar de una clasificación como: “Subrasante Inadecuada” a una “Subrasante Buena” con la incorporación de las dosificaciones M2 (0.50%FP + 4%LAR) y M3 (0.75%FP + 2%LAR). En tal sentido, la mejora de la clasificación de

la subrasante hace posible que esta pueda ser utilizada como componente de un pavimento vial. Asimismo, esto representa un beneficio económico en el desarrollo de infraestructuras viales en el Perú, debido a que la presente metodología de estabilización de suelos posee costos mínimos comparados con los de otros métodos comunes de estabilización: como el cemento o la cal.

**Figura 50**

*Curva de Tendencia del CBR al 100% MDS con las dosificaciones M1, M2 Y M3.*



*Nota.* Elaboración propia.

Adicionalmente, se logró observar la tendencia polinómica del CBR al 95%-MDS y el CBR al 100%-MDS a incrementar, al aumentar las proporciones de fibra de pseudotallo del plátano (FP) y reducirse las proporciones de lubricante automotriz reciclado (LAR). En este sentido, se logró identificar que la dosificación que causó los mejores resultados estabilizantes al incrementar en un 550% el valor del CBR del suelo natural, y por lo tanto mejorar su desempeño a los esfuerzos provenientes de las cargas vehiculares es la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR). En relación a ello, analizando técnicamente nuestros resultados, logramos identificar que el aumento del valor del CBR se origina debido a que las FP y LAR actuando junto al suelo, crean una matriz más compacta y resistente. Asimismo, esta mejora se debe en gran parte al aporte de las FP, en la resistencia a la penetración, producto de su característico desempeño a la tracción.

#### Contrastación de hipótesis del Objetivo Específico 4:

El planteamiento de hipótesis para la **prueba de normalidad de los datos** implica formalizar un análisis estadístico para verificar si los datos se distribuyen normalmente. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para determinar la distribución normal de datos y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 25.

H<sub>0</sub>: Los valores del indicador CBR presentan una distribución normal.

H<sub>1</sub>: Los valores del indicador CBR no presentan una distribución normal.

**Tabla 25**  
*Pruebas de normalidad del indicador CBR.*

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 95.00 %	0.212	4	.	0.955	4	0.747
CBR al 100.00 %	0.268	4	.	0.947	4	0,700

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el tamaño de la muestra  $n=4$ , se selecciona la prueba de Shapiro-Wilk, recomendada para muestras con  $n < 50$ . A continuación se presenta la Regla de decisión:

Si:  $p > \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es rechazada.

La regla de decisión establece que si el valor “p” obtenido en una prueba de normalidad es superior al nivel de significancia predefinido ( $\alpha=0.05$ ), entonces se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), indicando así que los datos muestran una distribución normal. En este caso específico, el valor p calculado es ( $p=0.747$ ,  $p=0.700$ ), que excede el valor de 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), concluyendo que los datos del indicador CBR se ajustan a una distribución normal. Basándonos en esta normalidad de los datos, procederemos con el análisis de varianzas.

La aplicación del análisis de **homogeneidad de varianzas** es esencial para validar los resultados del ANOVA y garantizar la precisión de las inferencias estadísticas. Al verificar el supuesto podemos tomar decisiones informadas sobre el análisis estadístico apropiado a aplicar y asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos. A continuación, se presenta el planteamiento de hipótesis para la prueba de homogeneidad de varianzas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 26.

H<sub>0</sub>: Existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador CBR.

H<sub>1</sub>: No existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador CBR.

**Tabla 26**

*Prueba de homogeneidad de varianzas con respecto al indicador CBR.*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CBR al					
95 %	Basada en la media	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana y con gl ajustado	,000	3	8,000	1,000
	Basada en la media recortada	,000	3	8	1,000
CBR al					
100 %	Basada en la media	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana	,000	3	8	1,000
	Basada en la mediana y con gl ajustado	,000	3	8,000	1,000
	Basada en la media recortada	,000	3	8	1,000

*Nota.* Elaboración propia.

En ese sentido, la Regla de decisión es:

Si:  $p > \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es aceptada.

Si:  $p \leq \alpha$ , entonces H<sub>0</sub> es rechazada.

$$p = 1.00 > 0.05$$

En tal sentido, aceptamos H<sub>0</sub>, concluyendo que existe homogeneidad de varianzas respecto al indicador CBR. Por lo tanto, se cumple uno de los supuestos necesarios para realizar el análisis de varianzas (ANOVA).

El **análisis de varianzas** (ANOVA) es un procedimiento estadístico diseñado para evaluar si hay diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos independientes. Es especialmente útil para evaluar el impacto de diferentes tratamientos o condiciones experimentales en una variable dependiente continua. A continuación, se presentan las hipótesis estadísticas y los resultados obtenidos, los cuales son exhibidos en la Tabla 27.

**Hipótesis estadísticas:**

H<sub>0</sub>: La incorporación 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) no impacta significativamente en el CBR de suelos arcillosos.

H<sub>1</sub>: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el CBR de suelos arcillosos.

**Tabla 27**

*Prueba estadística de ANOVA con respecto al indicador CBR.*

CBR	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>CBR al 95 %</b>					
Entre grupos	210,840	3	98,216	982161,00	,000
Dentro de grupos	1	8	,000		
Total	210,8419	11			
<b>CBR al 100 %</b>					
Entre grupos	323,843	3	107,9480	1079475,00	,000
Dentro de grupos	1	8	,000		
Total	323,8439	11			

*Nota.* Elaboración propia.

Dado que el valor “p” es inferior al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se descarta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Por lo tanto, existe evidencia estadística sólida para afirmar que la incorporación de diferentes dosificaciones de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado impacta significativamente en el CBR de suelos arcillosos.

#### IV. DISCUSIÓN

El **primer objetivo específico** fue evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **IP** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. Esto en base a los aportes de Gallardo et al. (2020), quienes sostienen que los suelos con un IP alto presentan baja resistencia al corte, alta deformabilidad y tendencia a cambios volumétricos debido a la variación del contenido de humedad. En ese sentido, estos factores impactan de manera negativa a la estabilidad de la subrasante de proyectos viales, por lo que es esencial estabilizarlos para tener un mejor desempeño bajo las diferentes cargas.

Teniendo esto en cuenta, para la presente investigación de acuerdo con la información recolectada en laboratorio, encontramos que las 3 dosificaciones estudiadas lograron reducir en diferentes niveles de impacto el Índice de Plasticidad respecto a la muestra patrón, siendo la M3 (0.75%FP + 2%LAR) la que generó mejores resultados estabilizantes con una reducción del 80.00%. Por otro lado, con la implementación de la M1 (0.25%FP + 6%LAR) y la M2 (0.50%FP + 4%LAR), se obtuvo una reducción del 53,33% y 66.66% respectivamente.

Estos resultados guardan relación con los estudios realizados por Castillo y Orobio (2020), donde afirman que al aumentar el contenido de LAR en un rango no mayor al 4.00% respecto a la muestra seca del suelo, se tienen resultados favorables respecto a la disminución de Índice de Plasticidad hasta llevarlo al 96.11% de la muestra patrón, sin embargo al sobrepasar este rango se contempla un incremento del IP gradualmente. Por otro lado, con la investigación de Sánchez (2021), quien sostiene que la incorporación de FP al 0.5%, 1.00% y 1.5%, respecto al peso seco de la muestra de suelo, reflejan un impacto positivo en el comportamiento del suelo al reducir su índice de Plasticidad, siendo 0.50% con mayor impacto en el IP, al reducirlo hasta el 80.92% de su condición inicial.

Esto genera evidencia suficiente para afirmar que los mejores efectos estabilizantes en torno al IP, se presentan al emplear la dosificación M3, puesto que esta combina 0.75% de FP y 2.00% de LAR, los cuales se identifican como porcentajes muy cercanos a los óptimos en los estudios previamente mencionados.

El **segundo objetivo específico** fue evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en la **MDS** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. Esto se basó en que existe la necesidad de conocer los valores precisos para lograr la máxima compactación del suelo, cuya influencia es significativa en la estabilización de suelos en proyectos viales.

Teniendo ello en cuenta, para la presente investigación de acuerdo con la información recolectada en laboratorio, encontramos que las 3 dosificaciones estudiadas lograron aumentar en diferentes niveles de impacto la MDS respecto a la muestra patrón, siendo la M3 (0.75%FP + 2%LAR) la que generó mejores resultados estabilizantes con un aumento de 21.99%. Por otro lado, con la implementación de la M1 (0.25%FP + 6%LAR) y la M2 (0.50%FP + 4%LAR), se obtuvo un aumento del 16.86% y 18.68% respectivamente.

Estos resultados guardan relación con los estudios realizados por Jalaoca (2021), quien al evaluar la incorporación de porciones de LAR al 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% respecto al peso de suelo seco, obtuvo como resultado un aumento en la MDS con las 3 primeras dosificaciones llevándola a un 100.19%, 101.02% y 101.46% respectivamente. Sin embargo, con la última dosificación se evidenció una reducción llevándola a un 97.30%. Asimismo, la investigación realizada por Sánchez (2021), quien encontró que al incorporar la FP en dosificaciones del 0.5%, 1% y 1.5% respecto al peso seco del suelo, obtuvo como resultado un aumento en la MDS con la primera y la última dosificación llevándola a un 104.74% y 101.60% respectivamente. Sin embargo, con la segunda dosificación se evidenció una reducción llevándola un 96.79%.

Con esto se evidencia que la dosificación M3, que combina 0.75% de FP y 2.00% de LAR, genera los mejores impactos en la MDS, frente a los efectos estabilizantes, ya que se cuenta con un suelo mejor compactado, esto sucede debido a que se presenta un menor volumen de vacíos lo cual permite que exista mayores áreas de contacto entre las partículas del suelo y por lo tanto mayor capacidad de soporte del mismo.

El **tercer objetivo específico** fue evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **OCH** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. En relación al OCH, González et al (2002) mencionan que esta es una propiedad muy útil durante la construcción de infraestructuras viales en campo, debido a que junto con la MDS representan las condiciones óptimas de compactación de los suelos naturales.

En relación a ello, en la presente investigación se identificó que las 3 dosificaciones estudiadas dieron resultados estabilizadores positivos en el OCH, al reducir su valor en diferentes niveles de impacto. En tal sentido, se reconoció la reducción del OCH al incorporar la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), debido a que su valor varió al pasar de 20.56% a 11.19%, logrando reducirse en un 45.57%. Asimismo, se reconoció la reducción del OCH al incorporar la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), debido a que su valor varió al pasar de 20.56% a 10.92%, logrando reducirse en un 46.89%. En el mismo sentido, se reconoció la reducción del OCH al incorporar la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), debido a que su valor varió al pasar de 20.56% a 7.11%, logrando reducirse en un 65.42%. Por consiguiente, se identificó que la dosificación con mejores efectos estabilizantes en el OCH fue la M3 (0.75%FP + 2%LAR).

Continuando con este razonamiento, se analizaron otras investigaciones, tales como la de Guerra y Mosqueira (2020) en la cual se identificó que al agregar 0.25%FP el OCH se redujo en un 12.67%; al agregar 0.50%FP el OCH se redujo en un 20.00% y al agregar 0.75%FP el OCH se redujo en un 28.33%. Con respecto a estos resultados, se logró identificar la tendencia del OCH a reducir al aumentar

el %FP. En el mismo sentido, se tuvo la investigación de Villanueva (2022) en la cual identificó que al agregar 2%LAR el OCH se redujo en un 2.70%; al agregar 4%LAR el OCH se redujo en un 2.60%; al agregar 6%LAR el OCH se redujo en un 1.82% y al agregar 8%LAR el OCH se redujo en un 3.22%. Con respecto a estos resultados, se logró identificar la tendencia del OCH a reducir al incorporar LAR preferentemente en porcentajes bajos, como el 2%. Adicionalmente, se tuvo la investigación de Jlanoca (2021) en la cual identificó que al agregar 1.5%LAR el OCH se redujo en un 0.69%; al agregar 2.5%LAR el OCH se redujo en un 1.62%; al agregar 3.5%LAR el OCH se redujo en un 5.90% y al agregar 4.5%LAR el OCH se redujo en un 9.84%. Con respecto a estos resultados, se logró identificar la tendencia del OCH a reducir al incorporar LAR.

Por lo tanto, del contraste de ambos antecedentes con los resultados de la presente investigación, se logró verificar la tendencia del OCH a reducirse al incorporar FP; sobre todo en proporciones relativamente grandes como 0.75%; la cual otorga excelentes resultados tal como se reconoció previamente. Asimismo, se verificó la tendencia del OCH a reducirse al incorporar LAR; observándose muy buenos resultados con proporciones menores al 6%. En tal sentido, se logró comprender el buen desempeño de la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), debido a que esta implementa ambos criterios, al combinar una proporción grande de FP con una pequeña de LAR. Respecto a ello, una disminución del valor del OCH y un aumento de la MDS demuestran la optimización de los efectos de la energía de compactación, tal como se identificó previamente. Por lo tanto, estas condiciones demuestran un impacto positivo, debido a que incrementa el rozamiento interno del suelo, disminuyen los volúmenes de vacíos y mejoran la impermeabilización de la subrasante.

El **cuarto objetivo específico** fue evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el **CBR** de suelos arcillosos, Ayacucho-2024. En relación al CBR, en el Perú contamos con regulaciones respecto a los requisitos mínimos para poder usar algún tipo de suelo como subrasante en una infraestructura vial. En ese sentido, estas disposiciones

son brindadas por el MTC (2014) por medio de su Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en el cual se identifica que para que un determinado tipo de suelo pueda ser utilizado como subrasante, este deberá tener como mínimo un CBR de 6%. Por consiguiente, el CBR se vuelve determinante durante el diseño y construcción de infraestructuras viales. En relación a ello, en la actualidad muchos métodos de estabilización de suelos son aplicados para mejorar esta propiedad de los suelos, tratando de evitar los incrementos significativos del presupuesto que se generarían por procesos de reemplazo del material.

En relación a ello, en la presente investigación se identificó que las 3 dosificaciones estudiadas dieron resultados estabilizadores positivos en el CBR al 95% y 100% (MDS); al incrementar su valor en diferentes niveles de impacto. En tal sentido, se reconoció el incremento del CBR al 95% de la MDS al incorporar la dosificación M1 (0.25%FP + 6%LAR), debido a que su valor varió al pasar de 2.00% a 7.20%, logrando incrementarse en un 260.00%. Asimismo, se reconoció el incremento del CBR al 95% de la MDS al incorporar la dosificación M2 (0.50%FP + 4%LAR), debido a que su valor varió al pasar de 2.00% a 11.00%, logrando incrementarse en un 450.00%. En el mismo sentido, se reconoció el incremento del CBR al 95% de la MDS al incorporar la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), debido a que su valor varió al pasar de 2.00% a 13.00%, logrando incrementarse en un 550.00%. Por consiguiente, se identificó que la dosificación con mejores efectos estabilizantes en el CBR fue la M3 (0.75%FP + 2%LAR).

Continuando con este razonamiento, se analizaron otras investigaciones, tales como la de Bawadi (2020) en la cual se identificó que al agregar 0.30%FP el CBR incrementó en un 150.00%; al agregar 0.50%FP el CBR incrementó en un 275.00% y al agregar 1.00%FP el CBR incrementó en un 200.00%. Con respecto a estos resultados, se logró identificar la tendencia del CBR a incrementar al aumentar el %FP, dando los mejores resultados con porcentajes cercanos al 0.50%. En el mismo sentido, se tuvo la investigación de Gobinath et al (2020) en la cual se identificó que al agregar 0.25%FP el CBR incrementó en un 561.63%; al agregar 0.30%FP el CBR incrementó en un 762.00%; al agregar 0.50%FP el CBR incrementó en 1083.00%. Con respecto a estos resultados, se logró identificar la

tendencia del CBR a incrementar significativamente al aumentar el %FP, dando los mejores resultados con los mayores porcentajes. Asimismo, se tuvo la investigación de Janoca (2021) en la cual identificó que al agregar 1.50%LAR el CBR incrementó en un 23.29%; al agregar 2.50%LAR el CBR incrementó en un 97.10%; al agregar 3.50%LAR el CBR incrementó en un 130.07% y al agregar 4.50%LAR el CBR incrementó en un 80.80%. Con respecto a estos resultados, se logró identificar la tendencia del CBR a incrementar al aumentar el %LAR, dando los mejores resultados con porcentajes menores al 4%.

Por lo tanto, del contraste de ambos antecedentes con los resultados de la presente investigación, se logró verificar la tendencia del CBR a incrementar al incorporar FP; sobre todo en proporciones relativamente grandes como 0.75%; la cual otorga resultados significativos tal como se reconoció previamente. Asimismo, se verificó la tendencia del CBR a incrementar al incorporar LAR; observándose muy buenos resultados con proporciones menores al 4%. En tal sentido, se logró comprender el buen desempeño de la dosificación M3 (0.75%FP + 2%LAR), debido a que esta implementa ambos criterios, al combinar una proporción grande de FP con una pequeña de LAR. Respecto a ello, los resultados obtenidos son gratificantes debido a que se logró la estabilización del suelo al mejorar su capacidad portante y su resistencia a la penetración. Asimismo, se consiguió variar su clasificación, pasando de “Subrasante Inadecuada” (CBR=2%) a “Subrasante Regular” con la incorporación de las 3 dosificaciones. Esto corresponde a un efecto positivo, debido a que ya podría ser considerada y usada como componente de una infraestructura vial.

## V. CONCLUSIONES

En esta investigación se analizó el efecto estabilizador de la Fibra del Pseudotallo del Plátano (FP) y el Lubricante Automotriz Reciclado (LAR) al incorporarlo en un suelo caracterizado como un A-6, Suelos Arcillosos, según la clasificación AASHTO, y como un suelo tipo CL, Arcilla Ligera según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos-SUCS; con el propósito de evaluar su impacto estabilizante en las propiedades de los suelos de Huamanga-Ayacucho; para ello se llevaron a cabo diferentes ensayos en laboratorio y se emplearon herramientas estadísticas para llegar a las siguientes conclusiones:

Según los resultados obtenidos de acuerdo al **Objetivo General** de la investigación, se concluye que la incorporación de FP y LAR con dosificaciones M1(0.25% FP + 6.00% LAR), M2 (0.50% FP + 4.00% LAR) y M3 (0.75% FP + 2.00% LAR), estabiliza significativamente las propiedades físico-mecánicas de los suelos arcillosos, principalmente al optimizar su estabilidad volumétrica, disminuir su deformabilidad, aumentar su resistencia mecánica, reducir su permeabilidad, disminuir su plasticidad y aumentar su capacidad de soporte (CBR). Conforme a ello, aunque todas las dosificaciones han contribuido positivamente a la estabilización del suelo estudiado, la mejora más notable se dio con la dosificación M3, evidenciando que una mayor cantidad de FR (0.75%) y un porcentaje bajo de LAR (2.00%) contribuyen a una mejor estabilización.

Respecto a los resultados obtenidos en base al **IP**, se concluye que la incorporación de FP y LAR con dosificaciones M1(0.25% FP + 6.00% LAR), M2 (0.50% FP + 4.00% LAR) y M3 (0.75% FP + 2.00% LAR), impacta significativamente al reducir el IP de los suelos arcillosos, lo que representa una disminución de su deformabilidad y plasticidad. Este efecto se logró identificar debido a que se presentó una reducción del 53,33% al incorporar la dosificación M1; una reducción del 66.66% al incorporar la dosificación M2 y una reducción del 80.00% al incorporar la dosificación M3. Lo que llevó a que el suelo, inicialmente clasificado como "Plasticidad Media" con un IP=15%, se estabilice siendo clasificado luego como "Baja Plasticidad", con un IP inferior al 7%.

Respecto a los resultados obtenidos en base a la **MDS**, se concluye que la incorporación de FP y LAR con dosificaciones M1(0.25% FP + 6.00% LAR), M2 (0.50% FP + 4.00% LAR) y M3 (0.75% FP + 2.00% LAR), impacta significativamente al incrementar la MDS de los suelos arcillosos, lo que representa una mejora en su estabilidad volumétrica y una reducción de su permeabilidad. Esto se identificó debido a que se presentó un aumento del 16.86% al incorporar la dosificación M1; un aumento del 18.68% al incorporar la dosificación M2 y un aumento del 21.99% al incorporar la dosificación M3. Siendo esta última la más influyente, al representar la máxima mejora de la consolidación del suelo bajo las mismas condiciones de energía de compactación aplicada.

Respecto a los resultados obtenidos en base a la **OCH**, se concluye que la incorporación de FP y LAR con dosificaciones M1(0.25% FP + 6.00% LAR), M2 (0.50% FP + 4.00% LAR) y M3 (0.75% FP + 2.00% LAR), impacta significativamente al reducir el OCH de los suelos arcillosos, lo que representa una mayor estabilidad volumétrica y una menor permeabilidad. Esto se identificó debido a que se presentó una reducción del 45.57% al incorporar la dosificación M1; una reducción del 46.89% al incorporar la dosificación M2 y una reducción del 65.42% al incorporar la dosificación M3, Ello atribuido principalmente al hecho de que el LAR reemplaza parte del agua necesaria para densificar el suelo y lubrica las partículas, facilitando su reacomodo incluso a bajos contenidos de humedad.

Finalmente, respecto a los resultados obtenidos en base al **CBR**, se concluye que la incorporación de FP y LAR con dosificaciones M1(0.25% FP + 6.00% LAR), M2 (0.50% FP + 4.00% LAR) y M3 (0.75% FP + 2.00% LAR), impacta significativamente al incrementar el CBR de los suelos arcillosos, lo que representa un aumento de su resistencia mecánica y capacidad de soporte. Esto se identificó debido a que se presentó un aumento del 260.00% al incorporar la dosificación M1; un aumento del 450.00% al incorporar la dosificación M2 y un aumento del 550.00% al incorporar la dosificación M3 (CBR al 95% de la MDS). Siendo la mejora más notable la de la dosificación M3. Lo que llevó a que el suelo, inicialmente clasificado como "Subrasante Inadecuada" con un CBR=2%, se estableciera siendo clasificado luego como "Subrasante Regular", con un CBR mayor a 6%.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuras investigaciones estudiar también otras dosificaciones, tales como las: M4 (0,25% FP + 2.00% LAR), M5 (0,25% FP + 4.00% LAR), M6 (0,50% FP + 2.00% LAR), M7 (0,50% FP + 6.00% LAR), M8 (0.75% FP + 4.00% LAR) y M9 (0,75% FP + 6.00% LAR); con el fin de identificar qué otros efectos estabilizantes se podrían obtener del uso en conjunto de la FP y el LAR. Esto permitirá entender mejor cómo varían los efectos acordes a los porcentajes aplicados de cada variable sobre los suelos arcillosos, proporcionando una visión más detallada y precisa de su influencia. En ese mismo sentido, no se debería descartar la aplicación de mayores porcentajes de FP, tal como demostró Bawadi (2020), quien obtuvo muy buenos resultados con el 1.00%FP.

Se recomienda estudiar también otras longitudes y diámetros de las FP, con el fin de identificar cómo afectaría la variación de estas características físicas en la estabilización de los suelos arcillosos. Esto en relación, a los resultados positivos obtenidos en la presente investigación al incorporar FP de 3.5 cm de longitud. En correspondencia, también se obtuvieron excelentes resultados en las investigaciones de Guerra y Mosqueira (2020) al incorporar FP de 2.5 cm; en la de Qamar et al (2022) al incorporar FP de 3 cm y en la de Mija (2021) al incorporar FP de 4 cm. Por lo que, en un futuro sería viable realizar estudios con el fin de determinar una longitud óptima.

Se recomienda realizar investigaciones longitudinales sobre la estabilización de suelos arcillosos con la incorporación de fibra de pseudotallo de plátano (FP) y lubricante automotriz reciclado (LAR). Esto con el fin de determinar su resistencia y estabilidad a lo largo del tiempo en condiciones reales de uso, asegurando la efectividad y sostenibilidad del tratamiento de suelos arcillosos. Esto en correspondencia a la composición orgánica de la FP y su tendencia a la descomposición, por lo que adicionalmente se podría considerar la aplicación de algún tratamiento superficial, tal como en la investigación de Gobinath et al (2020), en la que se aplicó un tratamiento con silicato de sodio a las FP, mejorando su durabilidad.

Se recomienda implementar los procedimientos descritos en la NTP 900.050:2022 “Gestión de residuos sólidos: Manejo de Aceites usados” y sus semejantes, en todo procedimiento que implique la manipulación del LAR; con el fin de evitar generar impactos ambientales negativos durante la investigación. En relación a ello, se recomienda a futuras investigaciones, realizar estudios longitudinales sobre el proceso de drenaje e infiltración del LAR en los suelos; ello con el fin de identificar su comportamiento y poder prevenir futuras infiltraciones a las napas freáticas producto de su aplicación en altas proporciones.

Se recomienda a futuras investigaciones estudiar la estabilización de suelos con la incorporación de fibra de pseudotallo de plátano (FP) y lubricante automotriz reciclado (LAR); en suelos clasificados como A-7-5 ó A-7-6 según la clasificación AASHTO; y suelos clasificados como OH, MH ó CH según la clasificación SUCS. Con el fin de verificar las propiedades estabilizantes de la FP y el LAR en otros tipos de suelos con malas propiedades físico-mecánicas.

Se recomienda considerar las condiciones meteorológicas para la excavación y toma de muestras de las calicatas, con el fin de evitar precipitaciones imprevistas que puedan modificar la humedad de las muestras. Asimismo, se recomienda seguir el procedimiento previamente descrito para la extracción de las FP, ya que de este se obtuvieron FP de buena calidad y sin presencia de hongos. Conforme a ello, también será fundamental estar equipados con los EPPs correspondientes durante la ejecución de los ensayos con LAR, con el fin de evitar los daños a nuestra salud que se puedan presentar debido a los gases y olores que estos emiten. En ese sentido, se deberán tener en cuenta las consideraciones sobre salud y seguridad incluidas en la NTP 900.050:2022 “Gestión de residuos sólidos: Manejo de Aceites usados” y sus semejantes.

## REFERENCIAS

1. AGUIRRE MEJÍA, V.A y YÉPEZ ANDINO, S.E, 2019. Manual de laboratorio para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17839>
2. ALEGRE, M. Aspectos relevantes de técnicas e instrumentos en la investigación cualitativa. Población y Desarrollo [en línea], vol. 28, núm. 54, 2022. [fecha de consulta: 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/pdfce/v28n54/2076-054x-pdfce-28-54-93.pdf>. ISSN 2076-054X.
3. ALFONSO MONTEJO FONSECA. Estabilización de suelos. B.m.: Ediciones de la U, 2018. ISBN 9789587628784. Disponible en: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=MzSjDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA121&dq=Estabilizaci%C3%B3n+de+suelos+montejo+&ots=9LV1C5LXUV&sig=hkuwQ0YRrrjLP6K8XZ0QHfLiJn4>
4. ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las investigaciones. 2020. [fecha de consulta: 18 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>
5. AMAYA, Romel Jesús Gallardo; OVALLOS, Ciro Andrey Martínez; QUINTERO, Angie Alejandra Muñoz. Caracterización de un suelo plástico para estabilización con cementantes. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7381982>
6. ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021. [fecha de consulta: 22 de octubre del 2023] Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>

7. BANCO central de reserva del Perú. AYACUCHO: Síntesis de Actividad Económica enero 2023. *Departamento de estudios económicos* [en línea]. 2023. Disponible en:  
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/2023/sintesis-ayacucho-01-2023.pdf>
8. BAWADI, N F, M A A ALHAMIDI, A F MANSOR a S A ANUAR. Influence of Banana Fiber on Shear Strength of Clay Soil. IOP conference series. Materials Science and Engineering [online]. 2020, 864(1), 12099–. ISSN 1757-8981. Disponible en: [doi:10.1088/1757-899X/864/1/012099](https://doi.org/10.1088/1757-899X/864/1/012099)
9. DAS, Braja M.; GONZÁLEZ, Sergio R. Cervantes. Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cengage Learning, 2015.
10. DEL CASTILLO, R. D. a A. OROBIO. Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. Informes de la construcción [online]. 2020, 72(558), 336–e336. ISSN 0020-0883. Disponible en: [doi:10.3989/ic.69016](https://doi.org/10.3989/ic.69016)
11. FERNÁNDEZ, RL, MARTÍNEZ, RA, URQUIZA, DEP, GÁLVEZ, SS y ÁLVAREZ, MQ. Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista cubana de medicina militar* [en línea]. 2019. vol. 48, núm. 2(Sup), [fecha de consulta: 18 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/390/331>. ISSN 0138-6557
12. FONDJO, A.A. Stabilization of Expansive Soils Using Mechanical and Chemical Methods: A Comprehensive Review. *Civil Engineering and Architecture* [online]. 2021, 9(5), 1289–1294. ISSN 2332-1091. Disponible en: [doi:10.13189/cea.2021.090503](https://doi.org/10.13189/cea.2021.090503)

13. GOBINATH, R., AKINWUMI, I.I., AFOLAYAN, O.D., KARTHIKEYAN, S., MANOJKUMAR, M., GOWTHAM, S. and MANIKANDAN, A., 2020. Banana fibre-reinforcement of a soil stabilized with sodium silicate. *Silicon* [en línea], vol. 12, no. 2, ISSN 1876-990X. DOI 10.1007/s12633-019-00124-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s12633-019-00124-6>.
14. GONZÁLES ALARCÓN, Y. Determinación de las propiedades mecánicas de las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish. S.I.: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/40809>
15. GONZÁLES DE VALLEJO, Luis. Mercedes FERRER y Luis ORTUÑO. OTEO, Carlos. Ingeniería Geológica. PEARSON EDUCACIÓN, Madrid, 2020. ISBN: 84-205-3104-9 Disponible en: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod\\_resource/content/1/Livro%202.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro%202.pdf)
16. GUERRA, Kehila. & MOSQUEIRA, MIGUEL. Bearing capacity (CBR) of three clay soils incorporating banana pseudostem fiber in different percentages [Capacidad Portante de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes]. Proceedings of the LACCEI International Multi-conference for Engineering, Education and Technology, (541). [En línea]. 2020. [fecha de consulta: 20 de septiembre de 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.541> ISSN: 2414-6390
17. HERNÁNDEZ, M. & DUANA, A. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. [en línea]. *Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 2020. [fecha de consulta: 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
18. HERNÁNDEZ-ÁVILA, Carlos y ESCOBAR, Natalia. Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud, 2019, vol. 2, no 1 (enero-junio), p. 75-79. [fecha de consulta: 20 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://camjol.info/index.php/alerta/article/download/7535/7746>

19. INSTITUTO nacional de estadística e informática - Avance Económico Departamental, Marzo 2023. *Gob.pe* [en línea], [sin fecha]. [consulta: 1 Octubre 2023]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1909/ayacucho.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1909/ayacucho.htm).
20. INSTITUTO nacional de estadística e informática, [sin fecha]. Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Gob.pe* [en línea]. [consulta: 13 Octubre 2023]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/flujo-vehicular/2/>
21. INSTITUTO nacional de estadística e informática. Flujo Vehicular 2022. [en línea]. 21 de febrero del 2023. [fecha de consulta: 9 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/flujo-vehicular/2023/1/#lista>
22. INSTITUTO nacional de estadística e informática (INEI). Compendio estadístico Ayacucho 2021. [en línea]. Perú: ODEI, 31 de diciembre del 2021 [fecha de consulta: 15 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4004925-compendio-estadistico-ayacucho-2021>
23. IQBAL, K., XU, C., NASIR, H., ALAM, M., FAROOQ, A. and WILLIAMS, E.J., 2020. Effect of used motor oil and bitumen as additive on the permeability and mechanical properties of low plastic soil. *Advances in materials science and engineering* [en línea], vol. 2020, [consulta: 28 septiembre 2023]. ISSN 1687-8434. DOI 10.1155/2020/1360197. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2020/1360197/>.
24. JALANOCA Ccama, Freyre Veliz. Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Lima Norte: Universidad César Vallejo. 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63844>

25. KUMAR, N. Soil Genesis, Survey and Classification. Mycorrhizosphere and Pedogenesis [online]. 2019, 139–150. Disponible en: [doi:10.1007/978-981-13-6480-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_8)
26. LA Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [Mensaje en un blog], 2015. [ fecha de consulta: 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>.
27. LLANO, Eliana, Diana RÍOS a Gloria RESTREPO. Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. TecnoLógicas [online]. 2020, vol. 23, no. 49, s. 185-199. ISSN 01237799. Disponible en: <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1624>
28. MAYCO Chávez, Raúl. Influencia de los aceites automotrices residuales en la contaminación de suelos de los servicentros del distrito de El Tambo. Tesis. (Doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible). Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020, 62pp. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6908>
29. MEDINA, Carlos, SANDOVAL, Luis, ZAMORA, Sergio, VIVAR, Rodrigo y REYES, David. Natural Fibers: An Alternative for the Reinforcement of Expansive Soils. [en línea]. 28 de julio del 2022. [fecha de consulta: 9 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14159275>
30. MEJÍA DE GUTIÉRREZ, Ruby, Ana María AGUIRRE, JHONATHAN F RIVERA a Armando OROBIO. Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). Informador Técnico [online]. 2020, 84(2), 202–226. ISSN 2256-5035. Disponible en: [doi:10.23850/22565035.2530](https://doi.org/10.23850/22565035.2530)

31. MIJA Castillo, Raul Edwin. Estabilización del suelo adicionando fibra de banano - aceite de limón, PE1N – Km 1016 Panamericana Norte, distrito Veintiséis de Octubre - Piura, 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima Norte: Universidad César Vallejo. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91475>
32. MINISTERIO de desarrollo agrario y riego (MIDAGRI). Boletín Estadístico Mensual "EL AGRO EN CIFRAS" - 2022. [en línea]. Perú, 16 de febrero del 2023. [fecha de consulta: 15 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2826318-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2022>
33. MINISTERIO de educación. MINEDU. 2023. Disponible en <http://www.minedu.gob.pe/>
34. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018. RD N° 03-2018-MTC/14 [en línea]. 30 de enero del 2018 [fecha de consulta: 15 de octubre del 2023]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_1%20DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_1%20DG-2018.pdf)
35. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual De Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos. R.D. N° 10-2014-MTC/14. [en línea]. 09 de abril del 2014. [fecha de consulta: 13 de octubre del 2023]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)
36. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales. [en línea]. Mayo del 2014. [fecha de consulta: 12 de octubre del 2023]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

37. MINISTERIO de transportes y comunicaciones. Resumen general del SINAC 2012. Informe técnico GTT (II) Semestre Dic 2012 [en línea]. 31 de diciembre del 2012. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2023]. Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/documentos/RESUMEN\\_GENERAL\\_2012.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/documentos/RESUMEN_GENERAL_2012.pdf)
38. MINISTERIO del Ambiente (MINAM), Informe Nacional de Calidad del Aire 2013-2014. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
39. MOORE, Miguel. Partes del plátano. [Mensaje en un blog]. (2023). [fecha de consulta: 15 de septiembre de 2023]. Recuperado de: [https://goodandgreenguides.com/es/partes-del-platano#google\\_vignette](https://goodandgreenguides.com/es/partes-del-platano#google_vignette)
40. NORMA Técnica Peruana (NTP 339.129) (Perú). Suelos: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. R.D.N° 022-2019-INACAL/DN. 27 pp
41. ORIGEN e historia del plátano. [Mensaje en un blog]. (16 de enero del 2017). [fecha de consulta: 29 de septiembre de 2023]. Recuperado de: <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/comida/articulo/origen-e-historia-del-platano-44066.html>
42. ORTEGA, Ronald. Dónde se tira el aceite de motor usado. [en línea]. PROQuest. 26 de junio del 2023. [Fecha de consulta: 29 de septiembre del 2023]. Disponible en: <https://www.proquest.com/newspapers/dónde-se-tira-el-aceite-de-motor-usado/docview/2769864775/se-2>
43. PADILLA-AVALOS, César; MARROQUÍN-SOTO, Consuelo. Enfoques de investigación en odontología: cuantitativa, cualitativa y mixta. Revista estomatológica herediana, 2021, vol. 31, no 4, p. 338-340. [fecha de consulta: 21 de octubre del 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1019-43552021000400338&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1019-43552021000400338&script=sci_arttext)

44. PALACIOS Tovar, Carlos Arturo. Efecto de la inversión pública en la infraestructura vial sobre el crecimiento de la economía peruana entre los años 2000 y 2016. 2017. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/14570>
45. PASAYE-ANAYA, Lizbeth, et al. Impacto del aceite residual automotriz en un suelo: remediación por bioestimulación. Journal of the Selva Andina Research Society, 2020, vol. 11, no 2, p. 84-93. [fecha de consulta: 1 de octubre del 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942020000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942020000200004&script=sci_arttext)
46. PEDRAZA, C. Caracterización de la fibra del pseudotallo de plátano como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de teja. 2019.(Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama. Disponible en: <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2768>
47. PLATAFORMA nacional de datos abiertos. Infraestructura vial del Sistema Nacional de Carreteras por tipo de superficie, según departamento, 2022. [en línea]. 18 de abril del 2023. [fecha de consulta: 10 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/infraestructura-vial-del-sistema-nacional-de-carreteras-por-tipo-de-superficie-según-0#>
48. POBLACIÓN de la Mar, Ayacucho, en 2021. [Mensaje en un blog]. (2022). [fecha de consulta: 15 de septiembre de 2023]. Recuperado de: <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/peru/2021/ayacucho/la-mar>
49. PROVRAEM ejecuta con éxito el Proyecto Plátano y Banano en regiones Ayacucho y Junín. [en línea]. COMUNICACIONES PROVRAEM. 15 de mayo del 2023. [fecha de consulta: 24 de septiembre de 2023]. Disponible: <https://www.gob.pe/institucion/provraem/noticias/760812-provraem-ejecuta-con-exito-proyecto-platano-y-banano-en-regiones-ayacucho-y-junin>

50. QAMAR, Wajeeha, Ammad Hassan KHAN, Zia ur REHMAN a Zubair MASOUD. Sustainable Application of Wool-Banana Bio-Composite Waste Material in Geotechnical Engineering for Enhancement of Elastoplastic Strain and Resilience of Subgrade Expansive Clays. Sustainability (Basel, Switzerland) [online]. 2022, 14(20), 13215–. ISSN 2071-1050. Disponible en: [doi:10.3390/su142013215](https://doi.org/10.3390/su142013215)
51. RAMOS-GALARZA, Carlos. Diseños de investigación experimental. Ciencia América, 2021, vol. 10, no 1, p. 1-7. [fecha de consulta: 20 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://www.cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356>
52. REAL Academia Española (RAE): Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.6 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [Fecha de la consulta: 15 de septiembre del 2023].
53. RODRÍGUEZ, Milena; MENDIVELSO, Fredy. Diseño de investigación de corte transversal. Revista médica sanitas, 2018, vol. 21, no 3, p. 141-146. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Fredy-Mendivolso/publication/329051321\\_Diseño\\_de\\_investigación\\_de\\_Corte\\_Transversal/links/5c1aa22992851c22a3381550/Diseño-de-investigación-de-Corte-Transversal.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fredy-Mendivolso/publication/329051321_Diseño_de_investigación_de_Corte_Transversal/links/5c1aa22992851c22a3381550/Diseño-de-investigación-de-Corte-Transversal.pdf)
54. SÁNCHEZ Del Rosario, Kyhara Zarely. Evaluación de la fibra de plátano en las propiedades mecánicas de la subrasante en suelos arcillosos, La Palma, Tumbes-2021. Tesis (Título de Ingeniera Civil). Lima Norte: Universidad César Vallejo. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86460>
55. SIERRA, Yvette. Los desafíos ambientales de Perú en el 2023: nuevos gobernadores regionales, leyes ambientales en peligro y la deforestación imparable de la Amazonía. MONGABAY. 16 de enero del 2023. [Fecha de consulta: 16 de septiembre del 2023]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2023/01/desafios-ambientales-de-peru-en-2023-leyes-ambientales-en-peligro/>

56. SISTEMA nacional de información ambiental (SINIA). Zonificación Ecológica Económica - Ayacucho. [en línea]. Perú: SINIA MINAM, 1 de marzo del 2013 [fecha de consulta: 1 de octubre del 2023]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-ayacucho>
57. SOTOMAYOR Mendoza, Arturo. Estabilización de suelos cohesivos del camino vecinal Talambo – La Morana, adicionando residuos de lubricantes de motores, Chepén, La Libertad. Tesis. (Título en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Señor de Sipán, 2023. 182pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11129>
58. SUCASAIRE PILCO, Jorge. Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra de investigación. 2022. [fecha de consulta: 23 de octubre del 2023] Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/3096>
59. VILLANUEVA Santos, Delia Jannet. La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos – Chirinos, Cajamarca, 2021. Tesis (Magíster en Ingeniería Vial) Lima: Universidad Ricardo Palma. 2022. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5572>
60. VILLASÍS-KEEVER, Miguel Ángel, Horacio MÁRQUEZ-GONZÁLEZ, Jessie Nallely ZURITA-CRUZ, Guadalupe MIRANDA-NOVALES a Alberto ESCAMILLA-NÚÑEZ. El protocolo de investigación VII. Validez y confiabilidad de las mediciones. Revista alergia México [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 20 de octubre del 2023]. Disponible en: [doi:10.29262/ram.v65i4.560](https://doi.org/10.29262/ram.v65i4.560) . ISSN 2448-9190
61. YASIR, M, et al., 2021. Natural fiber reinforced composites: Sustainable materials for emerging applications. Results in Engineering, vol. 11, no. 100263. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100263>

# **ANEXO 1**

**Tabla de operacionalización de variables, y  
Matriz de consistencia.**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V1: Estabilización de suelos. (DEPENDIENTE)	Según Llano, et al. (2020), la estabilización viene hacer aquella técnica que se usa para optimizar las cualidades físico-mecánicas de un suelo sin importar el proceso empleado, conllevando a tener un beneficio importante en las características del suelo tales como; la mejora en la estabilidad volumétrica, el aumento de la resistencia mecánica, la disminución de la deformación, reducción del asentamiento, reducción de la permeabilidad, mejora a la compresibilidad, disminución de la plasticidad y aumento de la durabilidad; con la finalidad de darle un uso ingenieril (p.3).	Es una variable cuantitativa de tipo continua que abarca dos dimensiones: propiedades físicas y propiedades mecánicas del suelo. Esta fue medida, en relación a la variación de las propiedades físico-mecánicas que presentaron las muestras de suelo dosificadas con FP y LAR, con respecto a las muestras de suelo natural. Estas variaciones fueron luego evaluadas para determinar si son positivas o negativas para el desempeño ingenieril del suelo.	Propiedades físicas	Índice de plasticidad (IP)	Razón (% porcentaje)
			Propiedades mecánicas	Óptimo contenido de humedad (OCH)	Razón (% porcentaje)
				Máxima densidad seca (MDS)	Razón (g/cm <sup>3</sup> )
				Valor de la relación de soporte (CBR)	Razón (% porcentaje)
V2: Fibra de pseudotallo del plátano (INDEPENDIENTE)	Pedraza (2019) menciona que las fibras de pseudotallo del plátano presentan una composición física variable en algunas de sus características, tales como: rugosidad, color, humedad, grosor, largo, etc. Por otro lado, las fibras de pseudotallo del plátano se destacan principalmente por su composición mecánica debido a que demuestran buena resistencia a esfuerzos de tracción, flexión, compresión e impacto. Asimismo, se tiene que la variabilidad de las cualidades de las fibras se encuentra ligadas comúnmente a la metodología de extracción de estas y a la finalidad para la cual se las está extrayendo (p.36).	Es una variable cuantitativa de tipo continua, la cual fue adicionada por peso (gr) a las muestras de suelo en los ensayos de laboratorio. El peso de las fibras adicionadas dependió porcentualmente (0.25%, 0.50% y 0.75%) del peso seco de la muestra de suelo ensayada (gr).	Dosificación	0.25%, 0.5% y 0.75%	Razón (% porcentaje)
V3: Lubricante automotriz reciclado (INDEPENDIENTE)	Según Pasaye, Márquez, Ignacio de la Cruz, Sánchez, (2020) el lubricante automotriz reciclado, es una combinación de hidrocarburos (HC), alifático y aromáticos, que se produce cuando se le da un uso al aceite automotriz en la lubricación o refrigeración de automotores. Este es clasificado por algunas normativas ambientales como un residuo peligroso, lo que obliga a que sea reciclado, reutilizado y/o confinado, en función a su disposición final (p.85). Adicionalmente a ello, se ha logrado identificar que en bajas proporciones genera cambios positivos en los suelos al reducir su cohesión y plasticidad.	Es una variable cuantitativa de tipo continua, la cual fue adicionada por peso (gr) a las muestras de suelo en los ensayos de laboratorio. El peso de lubricante automotriz usado dependió porcentualmente (2%, 4% y 6%) del peso seco de la muestra de suelo ensayada (gr).	Dosificación	2%, 4% y 6%	Razón (% porcentaje)

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	V. DEPENDIENTE:				Tipo de investigación: <b>Aplicada</b>
¿De qué manera se estabilizarán suelos arcillosos con la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%), Ayacucho-2024?	Evaluar la estabilización de suelos arcillosos con la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%), Ayacucho-2024.	La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en la estabilización de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	V1: Estabilización de suelos	Propiedades físicas	Índice de plasticidad (IP)	Formato de registro 02	Enfoque de investigación: <b>Cuantitativa</b>
				Propiedades mecánicas	Óptimo contenido de humedad (OCH)	Formato de registro 03	
					Máxima densidad seca (MDS)	Formato de registro 03	Diseño de la investigación: <b>Cuasi-experimental</b>
				Valor de la relación de soporte (CBR)	Formato de registro 04		
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis Específicas:	V.INDEPENDIENTES:				
1: ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el IP de suelos arcillosos, Ayacucho-2024?	1: Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el IP de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	H1: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el IP de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	V2: Fibra de pseudotallo del plátano	Dosificación	0.25% , 0.5% y 0.75%	Balanza	Nivel de la investigación: <b>Explicativo</b>
2: ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en la MDS de suelos arcillosos, Ayacucho-2024?	2: Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en la MDS de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	H2: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en la MDS de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	V3: Lubricante automotriz reciclado	Dosificación	2% , 4% y 6%	Balanza	<b>Población:</b> 3 calicatas de suelos arcillosos incorporados con fibras de pseudotallo del plátano al 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y lubricante automotriz reciclado al 0%, 2%, 4% ,6%; ubicadas entre las progresivas 5 + 000 Km y 8 + 000 Km de la ruta AY-794 de la Red Vial Vecinal.
3: ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el OCH de suelos arcillosos, Ayacucho-2024?	3: Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el OCH de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	H3: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el OCH de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.					
4: ¿En qué forma impacta la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el CBR de suelos arcillosos, Ayacucho-2024?	4: Evaluar el impacto de la incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) en el CBR de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.	H4: La incorporación de 3 dosificaciones que combinan fibras de pseudotallo del plátano (0.25%, 0.50%, 0.75%) y lubricante automotriz reciclado (2%, 4%, 6%) impacta significativamente en el CBR de suelos arcillosos, Ayacucho-2024.					<b>Muestra:</b> 3 calicatas de suelos arcillosos incorporados con fibras de pseudotallo del plátano al 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y lubricante automotriz reciclado al 0%, 2%, 4% ,6%; ubicadas entre las progresivas 5 + 000 Km y 8 + 000 Km de la ruta AY-794 de la Red Vial Vecinal.

# **ANEXO 2**

**Instrumentos de recolección de datos**

**1. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)**

		<b>FORMATO DE LABORATORIO</b>				<b>CÓDIGO:</b>	
		<b>ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)</b>				<b>PÁGINA:</b>	1 de 1
<b>TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>						<b>N° de muestra:</b>	
Universidad:						<b>Fecha de ensayo:</b>	
Ensayado por:						<b>Revisado por:</b>	
<b>DATOS DE MUESTRA</b>							
Ubicación de muestra:						<b>Calicata:</b>	
Fecha de Muestreo:						<b>Estrato:</b>	
Profundidad:						<b>Progresiva:</b>	
Lado:						<b>Código de Muestra:</b>	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D-422)</b>						<b>CLASIFICACIÓN DE SUELO</b>	
						S.U.C.S. (ASTM D 2487)	
<b>MALLA (Abertura)</b>		<b>PESO</b>		<b>%</b>			
<i>plg.</i>	<i>mm.</i>	<i>RETENIDO (gr.)</i>	<i>RETENIDO</i>	<i>ACUMULADO</i>	<i>PASANTE</i>		
3 "	76.20					<b>AASHTO (ASTM D3282)</b>	
2 1/2 "	63.80					<b>DATOS DE MUESTRA</b>	
2 "	50.80					<i>Peso Total del Suelo</i>	
1 1/2 "	38.10						
1 "	25.40					<i>D<sub>60</sub></i>	
3/4 "	19.05					<i>D<sub>30</sub></i>	
1/2 "	12.70					<i>D<sub>10</sub></i>	
3/8 "	9.525					<i>C<sub>u</sub></i>	
N° 4	4.760					<i>C<sub>c</sub></i>	
N° 10	2.000					<i>Lim. Líquido (ASTM D4318)</i>	
N° 20	0.840					<i>Lim. Plástico (ASTM D4318)</i>	
N° 40	0.420					<i>Índice de Plasticidad</i>	
N° 50	0.300					<i>% Humedad (ASTM D2216)</i>	
N° 100	0.149					<i>GRAVA (%)</i>	
N° 200	0.074					<i>ARENA (%)</i>	
< 200	Fondo					<i>FINOS (%)</i>	
$\Sigma$							

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

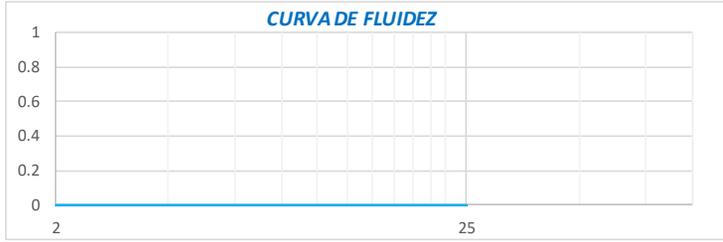
Observaciones:

<b>JEFE DE LABORATORIO</b>		<b>ESPECIALISTA EN ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	
NOMBRE:		NOMBRE:	
CARGO:	FIRMA:	CARGO:	FIRMA:

**2. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)**

	<b>FORMATO DE LABORATORIO</b>				<b>CÓDIGO:</b>		
	<b>ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)</b>				<b>PÁGINA:</b>	1 DE 1	
<b>TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>					<b>N° de muestra:</b>		
Universidad:				Fecha de ensayo:			
Ensayado por:				Revisado por:			
<b>DATOS DE MUESTRA</b>							
Tipo de material:					Lugar:		
Ubicación de muestra:					Estrato:		
Fecha de Muestreo:			Calicata:			Progresiva:	
Profundidad:			Lado:			Código de Muestra:	
<b>DESCRIPCIÓN</b>							
	<b>UND.</b>	<b>MUESTRA - 1</b>	<b>MUESTRA - 2</b>	<b>MUESTRA - 3</b>	<b>MUESTRA - 4</b>	<b>PROMEDIO</b>	
RECIPIENTE	N°						
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	g						
RECIPIENTE + SUELO SECO	g						
PESO DEL RECIPIENTE	g						
PESO DEL AGUA	g						
PESO DEL SUELO SECO	g						
% DE HUMEDAD	%						
Observaciones:							
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>				<b>ESPECIALISTA EN ENSAYOS DE LABORATORIO</b>			
NOMBRE:				NOMBRE:			
CARGO:		FIRMA:		CARGO:		FIRMA:	

**3. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)**

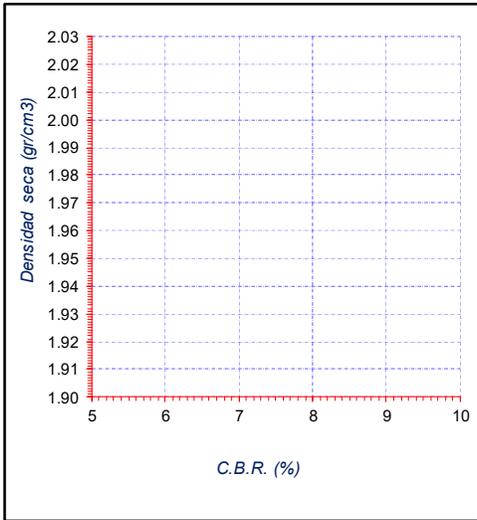
	<b>FORMATO DE LABORATORIO</b>				<b>CÓDIGO:</b>									
	<b>ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)</b>				<b>PAGÍNA:</b>	1 de 1								
<b>TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>					<b>N° de muestra:</b>									
<i>Universidad:</i>				<b>Fecha de ensayo:</b>										
<i>Ensayado por:</i>				<b>Revisado por:</b>										
<b>DATOS DE MUESTRA</b>														
<i>Tipo de material:</i>				<b>Lugar:</b>										
<i>Ubicación de muestra:</i>				<b>Estrato:</b>										
<i>Fecha de Muestreo:</i>		<i>Calicata:</i>		<b>Progresiva:</b>										
<i>Profundidad:</i>		<i>Lado:</i>		<b>Codigo de Muestra:</b>										
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>														
<i>N° DE LATA</i>														
<i>PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA (gr.):</i>														
<i>PESO DE SUELO SECO + LATA (gr.):</i>														
<i>PESO DE LATA (gr.):</i>														
<i>PESO DE SUELO SECO (gr.):</i>														
<i>PESO DE AGUA (gr.):</i>														
<i>CONTENIDO DE HUMEDAD (%):</i>														
<i>N° DE GOLPES:</i>														
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>														
<i>N° DE LATA</i>														
<i>PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA (gr.):</i>														
<i>PESO DE SUELO SECO + LATA (gr.):</i>														
<i>PESO DE LATA (gr.):</i>														
<i>PESO DE SUELO SECO (gr.):</i>														
<i>PESO DE AGUA (gr.):</i>														
<i>CONTENIDO DE HUMEDAD (%):</i>														
<i>LÍMITE PLÁSTICO (%):</i>														
<b>CURVA DE FLUIDEZ</b>														
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:70%;"><i>LÍMITE LÍQUIDO (%):</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>LÍMITE PLÁSTICO (%):</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>ÍNDICE DE PLASTICIDAD:</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>ÍNDICE DE FLUENCIA:</i></td> <td></td> </tr> </table>			<i>LÍMITE LÍQUIDO (%):</i>		<i>LÍMITE PLÁSTICO (%):</i>		<i>ÍNDICE DE PLASTICIDAD:</i>		<i>ÍNDICE DE FLUENCIA:</i>	
<i>LÍMITE LÍQUIDO (%):</i>														
<i>LÍMITE PLÁSTICO (%):</i>														
<i>ÍNDICE DE PLASTICIDAD:</i>														
<i>ÍNDICE DE FLUENCIA:</i>														
<i>Observaciones:</i>														
<b>JEFE DE LABORATORIO</b>			<b>ESPECIALISTA EN ENSAYOS DE LABORATORIO</b>											
<i>NOMBRE:</i>			<i>NOMBRE:</i>											
<i>CARGO:</i>			<i>CARGO:</i>											
<i>FIRMA:</i>			<i>FIRMA:</i>											

**4. FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3)) (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)**

FORMATO DE LABORATORIO		CÓDIGO:		
<b>ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3)) (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)</b>		PÁGINA:	1 de 1	
<b>TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>		N° de muestra:		
Universidad:		Fecha de ensayo:		
Ensayado por:		Revisado por:		
DATOS DE MUESTRA				
Tipo de material:		Lugar:		
Ubicación de muestra:		Estrato:		
Fecha de Muestreo:	Calicata:		Progresiva:	
Profundidad:	Lado:			
Metodo empleado:	Molde:	N° de capas:	N° golpes por capa:	
Pisón empleado:				
Tamiz Pasante:		Gs :		
Datos del tamizado:				
ENSAYO DE COMPACTACIÓN				
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO + MOLDE (gr)				
PESO DEL MOLDE (gr)				
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (gr/cm3)				
TARA N°	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (gr)				
PESO DEL SUELO SECO + TARA (gr)				
PESO DE LA TARA (gr)				
PESO DEL AGUA (gr)				
PESO DEL SUELO SECO (gr)				
CONTENIDO DE AGUA (%)				
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm3)				
		<b>Resultados</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</div>		
Observaciones:				
JEFE DE LABORATORIO		ESPECIALISTA EN ENSAYOS DE LABORATORIO		
NOMBRE:		NOMBRE:		
CARGO:	FIRMA:	CARGO:	FIRMA:	



<b>FORMATO DE LABORATORIO</b>		<b>CÓDIGO:</b>	
<b>ENSAYO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (MTC E 132/ NTP 339.145:1999 / ASTM D1883 / AASHTO T 19)</b>		<b>PAGÍNA:</b>	2 de 2
<b>TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>		<b>N° de muestra:</b>	
<b>Universidad:</b>		<b>Fecha de ensayo:</b>	
<b>Ensayado por:</b>		<b>Revisado por:</b>	
<b>DATOS DE MUESTRA</b>			
<b>Tipo de material:</b>		<b>Lugar:</b>	
<b>Ubicación de muestra:</b>		<b>Estrato:</b>	
<b>Fecha de Muestreo:</b>		<b>Calicata:</b>	
<b>Profundidad:</b>		<b>Lado:</b>	
		<b>Progresiva:</b>	
		<b>Código de Muestra:</b>	



**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557  
**MAXÍMA DENSIDAD SECA ( g/cm<sup>3</sup> )** :  
**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** :  
**95 % MÁXIMA DENSIDAD SECA ( g/cm<sup>3</sup> )** :

<b>C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)</b>	<b>0.1" :</b>	<b>0.2" :</b>
<b>C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)</b>	<b>0.1" :</b>	<b>0.2" :</b>

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) = \_\_\_\_\_ (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) = \_\_\_\_\_ (%)

**Observaciones:**

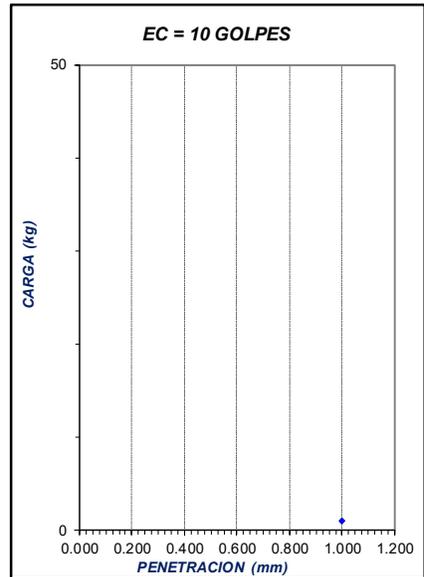
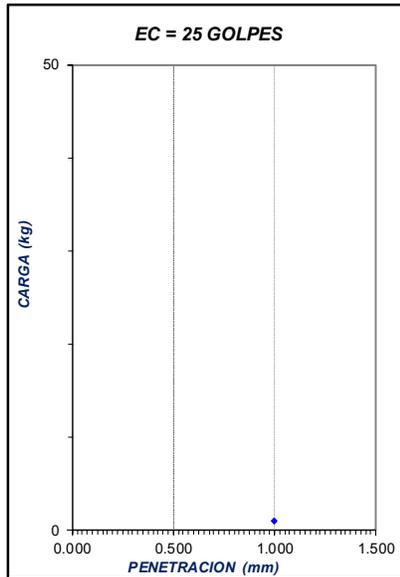
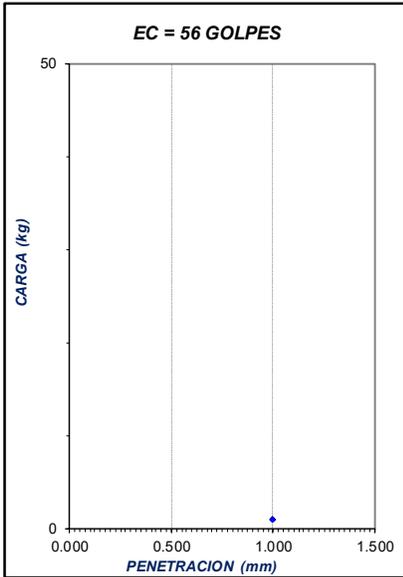
---



---



---



<b>JEFE DE LABORATORIO</b>		<b>ESPECIALISTA EN ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	
<b>NOMBRE:</b>		<b>NOMBRE:</b>	
<b>CARGO:</b>		<b>CARGO:</b>	
<b>FIRMA:</b>		<b>FIRMA:</b>	

# **ANEXO 3**

**Fichas de validación de instrumentos para la  
recolección de datos**



## EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos de la tesis titulada "Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023". La evaluación de estos instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer ingenieril. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	Jessica Ivon Alama Valladolid.
Grado profesional:	Licenciatura (X) Maestría ( ) Doctorado ( )
DNI:	46994847.
CIP N°:	281004.
Áreas de experiencia profesional:	Sub Gerencia de Obras Públicas y Catastro.
Institución donde labora (opcional):	Municipalidad de Pueblo Libre.
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ( ) Más de 5 años (X)

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido de los siguientes instrumentos, por juicio de expertos.

1. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)**
2. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)**
3. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)**
4. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3)) (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)**
5. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (MTC E 132/ NTP 339.145:1999 / ASTM D1883 / AASHTO T 19)**



**3. Datos de la escala**

<b>Nombre de la Prueba:</b>	(F°1) Análisis Granulométrico de Suelos y Agregado (F°2) Ensayo Contenido de Humedad de Suelos (F°3) Ensayo de Límites de Consistencia (F°4) Ensayo para Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energía Modificada (F°5) Ensayo de Determinación del Valor Relativo de Soporte CBR
<b>Autores:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Procedencia:</b>	Departamento de Ayacucho
<b>Administración:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Tiempo de aplicación:</b>	2 meses
<b>Ámbito de aplicación:</b>	Estabilización de suelos
<b>Significación:</b>	La presente escala esta compuesta por dos dimensiones: propiedades físicas (1) y propiedades mecánicas (2) del suelo. Estas a su vez se subdividen en indicadores, tales como Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad para (1) y Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca y CBR para (2). Respecto a la escala de medición, esta será de tipo "Razón". El objetivo de estas mediciones es poder determinar el grado de estabilización del suelo por medio de la interpretación de la variación de sus propiedades físicas y mecánicas.

**4. Soporte teórico**

<b>Escala/ÁREA</b>	<b>Subescala (dimensiones)</b>	<b>Definición</b>
Estabilización de suelos	Propiedades Físicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por el tamaño, forma, características mineralógicas, rugosidad, resistencia, densidad, porosidad, humedad, granulometría, plasticidad, saturación, y mucho más. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Contenido de Humedad (CH) y el Índice de Plasticidad (IP).
	Propiedades Mecánicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por la resistencia al corte, el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, cohesión, compresibilidad, expansibilidad, resistencia a la compresión, entre otros. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Óptimo Contenido de Humedad (OCH), la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Valor Relativo de Soporte (CBR).



**5. Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, se le presenta el cuestionario de evaluación de los instrumentos de la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023” elaborado por Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

**6. Dimensiones del instrumento**

- **Primera dimensión:** Propiedades Físicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades físicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Contenido de Humedad (CH)	F°2	4	4	4	
Índice de Plasticidad (IP)	F°3	4	4	4	



- **Segunda dimensión:** Propiedades Mecánicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	F°4	4	4	4	
Máxima Densidad Seca (MDS)	F°4	4	4	4	
Valor Relativo de Soporte (CBR)	F°5	4	4	4	

A continuación, califique la totalidad de los instrumentos evaluados:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.					X
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia acorde con el conocimiento científico Tecnológico, innovación y legal de inherente a la variable estabilización de suelos.					X

<b>VALORACION TOTAL</b>	50
-------------------------	----

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

VALIDACION	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
RANGO DE VALORACION	0 – 20	21 – 35	36 – 45	46 – 50

La valoración obtenida fue de 50 y está dentro del rango de valoración 46-50 y su validación fue Excelente.

  
Firma del experto

N° DNI: UG991847  
N° CIP: 281004



## EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos de la tesis titulada "Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023". La evaluación de estos instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer ingenieril. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	Jair Gerardo Herrera Escameo.
Grado profesional:	Licenciatura ( ) Maestría ( ) Doctorado ( )
DNI:	47152997.
CIP N°:	235312.
Áreas de experiencia profesional:	Obras Públicas.
Institución donde labora (opcional):	Municipalidad de Peto Libre.
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ( ) Más de 5 años ( X )

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido de los siguientes instrumentos, por juicio de expertos.

1. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)**
2. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)**
3. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)**
4. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3)) (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)**
5. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (MTC E 132/ NTP 339.145:1999 / ASTM D1883 / AASHTO T 19)**



**3. Datos de la escala**

<b>Nombre de la Prueba:</b>	(F°1) Análisis Granulométrico de Suelos y Agregado (F°2) Ensayo Contenido de Humedad de Suelos (F°3) Ensayo de Límites de Consistencia (F°4) Ensayo para Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energía Modificada (F°5) Ensayo de Determinación del Valor Relativo de Soporte CBR
<b>Autores:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Procedencia:</b>	Departamento de Ayacucho
<b>Administración:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Tiempo de aplicación:</b>	2 meses
<b>Ámbito de aplicación:</b>	Estabilización de suelos
<b>Significación:</b>	La presente escala esta compuesta por dos dimensiones: propiedades físicas (1) y propiedades mecánicas (2) del suelo. Estas a su vez se subdividen en indicadores, tales como Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad para (1) y Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca y CBR para (2). Respecto a la escala de medición, esta será de tipo "Razón". El objetivo de estas mediciones es poder determinar el grado de estabilización del suelo por medio de la interpretación de la variación de sus propiedades físicas y mecánicas.

**4. Soporte teórico**

<b>Escala/ÁREA</b>	<b>Subescala (dimensiones)</b>	<b>Definición</b>
Estabilización de suelos	Propiedades Físicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por el tamaño, forma, características mineralógicas, rugosidad, resistencia, densidad, porosidad, humedad, granulometría, plasticidad, saturación, y mucho más. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Contenido de Humedad (CH) y el Índice de Plasticidad (IP).
	Propiedades Mecánicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por la resistencia al corte, el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, cohesión, compresibilidad, expansibilidad, resistencia a la compresión, entre otros. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Óptimo Contenido de Humedad (OCH), la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Valor Relativo de Soporte (CBR).



**5. Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, se le presenta el cuestionario de evaluación de los instrumentos de la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023” elaborado por Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

**6. Dimensiones del instrumento**

- **Primera dimensión:** Propiedades Físicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades físicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Contenido de Humedad (CH)	F°2	4	4	4	
Índice de Plasticidad (IP)	F°3	4	4	4	



- **Segunda dimensión: Propiedades Mecánicas**
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	Fº4	4	4	4	
Máxima Densidad Seca (MDS)	Fº4	4	4	4	
Valor Relativo de Soporte (CBR)	Fº5	4	4	4	

A continuación, califique la totalidad de los instrumentos evaluados:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.					X
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia acorde con el conocimiento científico Tecnológico, innovación y legal de inherente a la variable estabilización de suelos.					X

<b>VALORACION TOTAL</b>	<u>50.</u>
-------------------------	------------

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

VALIDACION	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
RANGO DE VALORACION	0 – 20	21 – 35	36 – 45	46 – 50

La valoración obtenida fue de 50 y está dentro del rango de valoración 46-50 y su validación fue excelente.

  
 JAIR GERARDO  
 HERRERA ELESCANO  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 235312

Firma del experto

N° DNI: 42152997  
 N° CIP: 235312



## EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos de la tesis titulada "Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023". La evaluación de estos instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer ingenieril. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	EMERSON MOHAMED URIBE AWA
Grado profesional:	Licenciatura ( ) Maestría (X) Doctorado ( )
DNI:	41559521
CIP N°:	77417
Áreas de experiencia profesional:	RESIDENCIA Y SUPERVISIÓN DE OBRAS
Institución donde labora (opcional):	—
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ( ) Más de 5 años (X)

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido de los siguientes instrumentos, por juicio de expertos.

1. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)**
2. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)**
3. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)**
4. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3)) (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)**
5. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (MTC E 132/ NTP 339.145:1999 / ASTM D1883 / AASHTO T 19)**



**3. Datos de la escala**

<b>Nombre de la Prueba:</b>	(F°1) Análisis Granulométrico de Suelos y Agregado (F°2) Ensayo Contenido de Humedad de Suelos (F°3) Ensayo de Límites de Consistencia (F°4) Ensayo para Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energía Modificada (F°5) Ensayo de Determinación del Valor Relativo de Soporte CBR
<b>Autores:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Procedencia:</b>	Departamento de Ayacucho
<b>Administración:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Tiempo de aplicación:</b>	2 meses
<b>Ámbito de aplicación:</b>	Estabilización de suelos
<b>Significación:</b>	La presente escala esta compuesta por dos dimensiones: propiedades físicas (1) y propiedades mecánicas (2) del suelo. Estas a su vez se subdividen en indicadores, tales como Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad para (1) y Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca y CBR para (2). Respecto a la escala de medición, esta será de tipo "Razón". El objetivo de estas mediciones es poder determinar el grado de estabilización del suelo por medio de la interpretación de la variación de sus propiedades físicas y mecánicas.

**4. Soporte teórico**

<b>Escala/ÁREA</b>	<b>Subescala (dimensiones)</b>	<b>Definición</b>
Estabilización de suelos	Propiedades Físicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por el tamaño, forma, características mineralógicas, rugosidad, resistencia, densidad, porosidad, humedad, granulometría, plasticidad, saturación, y mucho más. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Contenido de Humedad (CH) y el Índice de Plasticidad (IP).
	Propiedades Mecánicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por la resistencia al corte, el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, cohesión, compresibilidad, expansibilidad, resistencia a la compresión, entre otros. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Óptimo Contenido de Humedad (OCH), la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Valor Relativo de Soporte (CBR).



**5. Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, se le presenta el cuestionario de evaluación de los instrumentos de la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023” elaborado por Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

**6. Dimensiones del instrumento**

- **Primera dimensión:** Propiedades Físicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades físicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Contenido de Humedad (CH)	F°2	4	4	4	
Índice de Plasticidad (IP)	F°3	4	4	4	



- **Segunda dimensión:** Propiedades Mecánicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	F°4	4	4	4	
Máxima Densidad Seca (MDS)	F°4	4	4	4	
Valor Relativo de Soporte (CBR)	F°5	4	4	4	

A continuación, califique la totalidad de los instrumentos evaluados:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.					X
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.				X	
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia acorde con el conocimiento científico Tecnológico, innovación y legal de inherente a la variable estabilización de suelos.					X

<b>VALORACION TOTAL</b>	<b>49</b>
-------------------------	-----------

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

VALIDACION	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
RANGO DE VALORACION	0 – 20	21 – 35	36 – 45	46 – 50

La valoración obtenida fue de 49 y está dentro del rango de valoración 46-50 y su validación fue EXCELENTE

*Emerson Mohamed*

Firma del experto

N° DNI: 41559521  
N° CIP: 77417



## EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos de la tesis titulada "Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023". La evaluación de estos instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer Ingenieril. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	RODRIGUEZ SOLIS CAROLIN BEATRIZ
Grado profesional:	Licenciatura ( ) Maestría ( X ) Doctorado ( )
DNI:	08599106
CIP N°:	50202
Áreas de experiencia profesional:	DOCENTE UNIVERSITARIO
Institución donde labora (opcional):	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ( ) Más de 5 años ( X )

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido de los siguientes instrumentos, por juicio de expertos.

1. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)**
2. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)**
3. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)**
4. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3)) (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)**
5. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (MTC E 132/ NTP 339.145:1999 / ASTM D1883 / AASHTO T 19)**



3. Datos de la escala

<b>Nombre de la Prueba:</b>	(F°1) Análisis Granulométrico de Suelos y Agregado (F°2) Ensayo Contenido de Humedad de Suelos (F°3) Ensayo de Límites de Consistencia (F°4) Ensayo para Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energía Modificada (F°5) Ensayo de Determinación del Valor Relativo de Soporte CBR
<b>Autores:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Procedencia:</b>	Departamento de Ayacucho
<b>Administración:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Tiempo de aplicación:</b>	2 meses
<b>Ámbito de aplicación:</b>	Estabilización de suelos
<b>Significación:</b>	La presente escala esta compuesta por dos dimensiones: propiedades físicas (1) y propiedades mecánicas (2) del suelo. Estas a su vez se subdividen en indicadores, tales como Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad para (1) y Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca y CBR para (2). Respecto a la escala de medición, esta será de tipo "Razón". El objetivo de estas mediciones es poder determinar el grado de estabilización del suelo por medio de la interpretación de la variación de sus propiedades físicas y mecánicas.

4. Soporte teórico

<b>Escala/ÁREA</b>	<b>Subescala (dimensiones)</b>	<b>Definición</b>
Estabilización de suelos	Propiedades Físicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por el tamaño, forma, características mineralógicas, rugosidad, resistencia, densidad, porosidad, humedad, granulometría, plasticidad, saturación, y mucho más. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Contenido de Humedad (CH) y el Índice de Plasticidad (IP).
	Propiedades Mecánicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por la resistencia al corte, el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, cohesión, compresibilidad, expansibilidad, resistencia a la compresión, entre otros. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Óptimo Contenido de Humedad (OCH), la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Valor Relativo de Soporte (CBR).



5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, se le presenta el cuestionario de evaluación de los instrumentos de la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023” elaborado por Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

6. Dimensiones del instrumento

- **Primera dimensión:** Propiedades Físicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades físicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Contenido de Humedad (CH)	F°2	ALTO NIVEL	ALTO NIVEL	ALTO NIVEL	NINGUNA
Índice de Plasticidad (IP)	F°3	ALTO NIVEL	ALTO NIVEL	ALTO NIVEL	NINGUNA



- Segunda dimensión: Propiedades Mecánicas
- Objetivos de la Dimensión: Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	F°4	Alto Nivel	Alto Nivel	Alto Nivel	Ninguna
Máxima Densidad Seca (MDS)	F°4	Alto Nivel	Alto Nivel	Alto Nivel	Ninguna
Valor Relativo de Soporte (CBR)	F°5	Alto Nivel	Alto Nivel	Alto Nivel	Ninguna

A continuación, califique la totalidad de los instrumentos evaluados:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.					X
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.					X
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia acorde con el conocimiento científico Tecnológico, innovación y legal de inherente a la variable estabilización de suelos.					X

VALORACION TOTAL	50
------------------	----

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

VALIDACION	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
RANGO DE VALORACION	0 - 20	21 - 35	36 - 45	46 - 50

La valoración obtenida fue de 50 y está dentro del rango de valoración 46-50 y su validación fue EXCELENTE.

Firma del experto

N° DNI: 08599106

N° CIP: 50202



## EVALUACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos de la tesis titulada “**Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023**”. La evaluación de estos instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de éstos sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer ingenieril. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez

<b>Nombre del juez:</b>	Agustín Víctor Corzo Aliaga
<b>Grado profesional:</b>	Licenciatura ( ) Maestría (X) Doctorado ( )
<b>DNI:</b>	32789955
<b>CIP Nº:</b>	50070
<b>Áreas de experiencia profesional:</b>	Supervisión de obras, Gestión de Obras de Construcción
<b>Institución donde labora (opcional):</b>	Universidad César Vallejo S.A.C.
<b>Tiempo de experiencia profesional en el área:</b>	2 a 4 años ( ) Más de 5 años ( X )

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido de los siguientes instrumentos, por juicio de expertos.

1. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS Y AGREGADOS** (MTC E-107 / NTP 339.128:1999 / ASTM D422 / 2227)
2. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS** (MTC E 108 / NTP 339.127:1998/ ASTM D-2216 / AASHTO T 265)
3. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA** (MTC E 110, MTC E 111 / NTP 339 129:1999 / ASTM D 4318 / AASHTO T89, T90)
4. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700KN-M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3))** (MTC E 115/ NTP 339.141:1999/ ASTM D 1557/ AASHTO T 180)
5. **FORMATO DE REGISTRO DE DATOS PARA EL ENSAYO DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR** (MTC E 132/ NTP 339.145:1999 / ASTM D1883 / AASHTO T 19)



### 3. Datos de la escala

<b>Nombre de la Prueba:</b>	(F <sup>0</sup> 1) Análisis Granulométrico de Suelos y Agregado (F <sup>0</sup> 2) Ensayo Contenido de Humedad de Suelos (F <sup>0</sup> 3) Ensayo de Límites de Consistencia (F <sup>0</sup> 4) Ensayo para Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energía Modificada (F <sup>0</sup> 5) Ensayo de Determinación del Valor Relativo de Soporte CBR
<b>Autores:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Procedencia:</b>	Departamento de Ayacucho
<b>Administración:</b>	Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith
<b>Tiempo de aplicación:</b>	2 meses
<b>Ámbito de aplicación:</b>	Estabilización de suelos
<b>Significación:</b>	La presente escala esta compuesta por dos dimensiones: propiedades físicas (1) y propiedades mecánicas (2) del suelo. Estas a su vez se subdividen en indicadores, tales como Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad para (1) y Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca y CBR para (2). Respecto a la escala de medición, esta será de tipo "Razón". El objetivo de estas mediciones es poder determinar el grado de estabilización del suelo por medio de la interpretación de la variación de sus propiedades físicas y mecánicas.

### 4. Soporte teórico

<b>Escala/ÁREA</b>	<b>Subescala (dimensiones)</b>	<b>Definición</b>
Estabilización de suelos	Propiedades Físicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por el tamaño, forma, características mineralógicas, rugosidad, resistencia, densidad, porosidad, humedad, granulometría, plasticidad, saturación, y mucho más. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Contenido de Humedad (CH) y el Índice de Plasticidad (IP).
	Propiedades Mecánicas	Son aquellas que nos permiten comprender el comportamiento del suelo en diferentes escenarios. Está compuesta principalmente por la resistencia al corte, el módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, cohesión, compresibilidad, expansibilidad, resistencia a la compresión, entre otros. Para fines de la presente investigación se está considerando determinar el Óptimo Contenido de Humedad (OCH), la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Valor Relativo de Soporte (CBR).



### 5. Presentación de instrucciones para el juez:

A continuación, se le presenta el cuestionario de evaluación de los instrumentos de la tesis titulada “**Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho 2023**” elaborado por Asenjo Dávila, Sander Rubén y Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda:

Categoría	Calificación	Indicador
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

### 6. Dimensiones del instrumento

- **Primera dimensión:** Propiedades Físicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades físicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Contenido de Humedad (CH)	F°2	4	4	3	
Índice de Plasticidad (IP)	F°3	4	4	4	



- **Segunda dimensión:** Propiedades Mecánicas
- **Objetivos de la Dimensión:** Evaluar el impacto de la incorporación de fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos.

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	F <sup>0</sup> 4	4	4	3	
Máxima Densidad Seca (MDS)	F <sup>0</sup> 4	4	4	3	
Valor Relativo de Soporte (CBR)	F <sup>0</sup> 5	4	4	4	

A continuación, califique la totalidad de los instrumentos evaluados:

1	2	3	4	5
Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Este formato se encuentra en un lenguaje adecuado y específico.				X	
OBJETIVIDAD	Expresa el alcance del proyecto.				X	
ESTRUCTURA	Tiene un orden lógico el contenido.					X
EFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad en la toma o registro de datos.					X
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico - científicos para identificar y determinar lo requerido por la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento en juicio relaciona la variable de estudio con sus respectivos indicadores, unidades e incidencias.					X
METODOLOGIA	La estrategia a emplear responde a la evaluación in situ.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
ACTUALIDAD	El instrumento refleja vigencia acorde con el conocimiento científico Tecnológico, innovación y legal de inherente a la variable estabilización de suelos.				X	

<b>VALORACION TOTAL</b>	<b>46</b>
-------------------------	-----------

La validación se realiza en función a la valoración total obtenida:

VALIDACION	DEFICIENTE	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
RANGO DE VALORACION	0 – 20	21 – 35	36 – 45	46 – 50

La valoración obtenida fue de **46** y está dentro del rango de valoración **46-50** y su validación fue **EXCELENTE**.

Firma del experto

N° DNI: 32789955  
N° CIP:50070

# **ANEXO 4**

**Resultados de laboratorio**

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-08</b>
	<b>STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY M ASTM D2216-19 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y LA ROCA</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

**Proyecto** : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

**Ubicación de Proyecto** : AYACUCHO - HUAMANGA      **Muestreado por** : PERSONAL INTERNO

**Solicitante** : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA      **Trazabilidad** : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

**Fecha de Ensayo:** : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
<b>Lugar:</b>	zona de humedad	<b>Fecha de recepción de muestra:</b>	: ABRIL DEL 2024
<b>Exploración / Nivel:</b>	: C-01	<b>Estrato:</b>	: E-02
		<b>Profundidad:</b>	: 1.5 m

DATOS DEL ENSAYO	
<b>Descripción del tipo y la condición de la muestra :</b> Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	<b>Método de ensayo:</b> A (Resolución al 1%)
<b>Tamaño máximo de la partícula visual:</b> 3/8 in.	<b>Cumple masa mínima de ensayo:</b> SI

REPORTE DEL ENSAYO
--------------------

ITEM	DESCRIPCION	UND.	Ensayo 1	Ensayo 2	Contenido de Humedad
1	Peso de masa húmeda de espécimen	g	222.0	222.0	<b>14.0 %</b>
2	Peso de masa seca de espécimen	g	194.0	194.0	
3	Peso del agua en el espécimen	g	28.0	28.0	
4	HUMEDAD	%	14.4	14.4	

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Observación:
--------------

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho



SOILTEST PERU

INFORME

Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
ASTM D6913/D6913M-17
GRADACIÓN DE PARTÍCULAS DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS POR TAMIZADO.

Table with 2 columns: Field (Código, Versión, Fecha, Página) and Value (F-ST-11, 01, 10/07/2023, 01)

Proyecto: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024
Trazabilidad: INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP
Solicitante: SANDER RUBEN ASENJO DAVILA
Fecha de ensayo: ABRIL DEL 2024
Ubicación: AYACUCHO - HUAMANGA
Exploración: C-01
Estrato: E-02
Muestreado por: PERSONAL INTERNO

DATOS DE LA MUESTRA

Table with 5 columns: Lugar, Fecha de recepción de muestra, Exploración / Nivel, Estrato, Profundidad

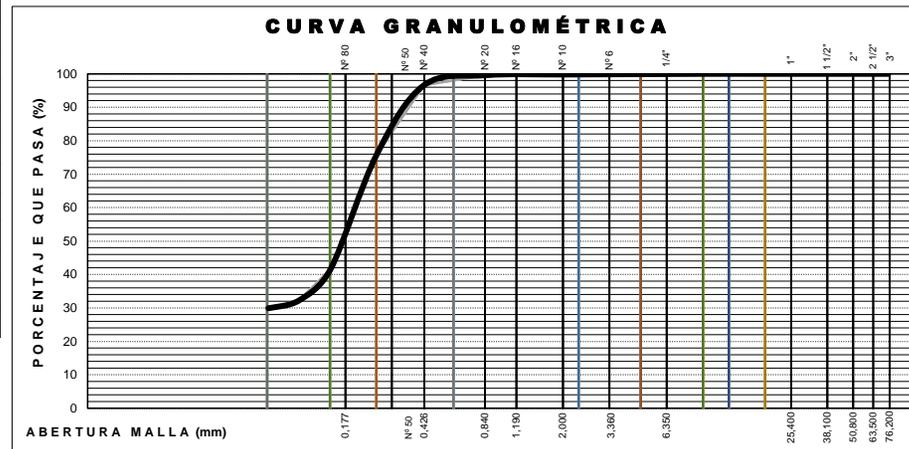
DATOS DEL ENSAYO

Table with 3 columns: Tipo de Tamizado, Descripción del tipo y la condición de la muestra, Tamaño máximo de la partícula visual

Table with 8 columns: Tipo de Tamizado, Compuesto 1ra sep. PORCIÓN GRUESA, Compuesto 2da sep. PORCIÓN GRUESA, 1er, 2do Sub espec/SIMPLE, Tipo de Tamizado, Compuesto 1ra sep. PORCIÓN GRUESA, Compuesto 2da sep. PORCIÓN GRUESA, 1er, 2do Sub espec/SIMPLE

REPORTE DEL ENSAYO

Main report table with 10 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA (mm), Tamizado Fracción Gruesa 1ra sep. (gr), Tamizado Fracción Gruesa 2ra sep. (gr), Tamizado Fracción Fina / Conjunto Único, Factor tamizado, RETENIDO PARCIAL (%), RETENIDO ACUMULADO (%), % QUE PASA, ENSAYO ESTANDAR, COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA



OBSERVACIÓN:

Signature and stamp of SOILTEST PERU S.R.L. and ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-010</b>
	<b>Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils</b> <b>ASTM D4318-17e1</b> <b>MÉTODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO , LÍMITE</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Ubicación de Proyecto : AYACUCHO - HUAMANGA : Muestreado por : PERSONAL INTERNO  
 Solicitante SANDER RUBEN ASENJO DAVILA Trazabilidad : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP  
 Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	Zona de Limites	Fecha de recepción de muestra : ABRIL DEL 2024	
Exploración / Nivel: : C-01	Estrato:: E-02	Profundidad : 1.5 m	
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo:	Humedo
Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in	Temperatura de secado:	Horno 110 ± 5°C

REPORTE DEL ENSAYO						
DATOS		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Suelo Húmedo		gr				
Suelo Seco		gr				
Peso del Agua		gr				
Contenido de Humedad		%				
Número de Golpes						
RESULTADOS		NP			NP	
		NP				

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMECÁNICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451



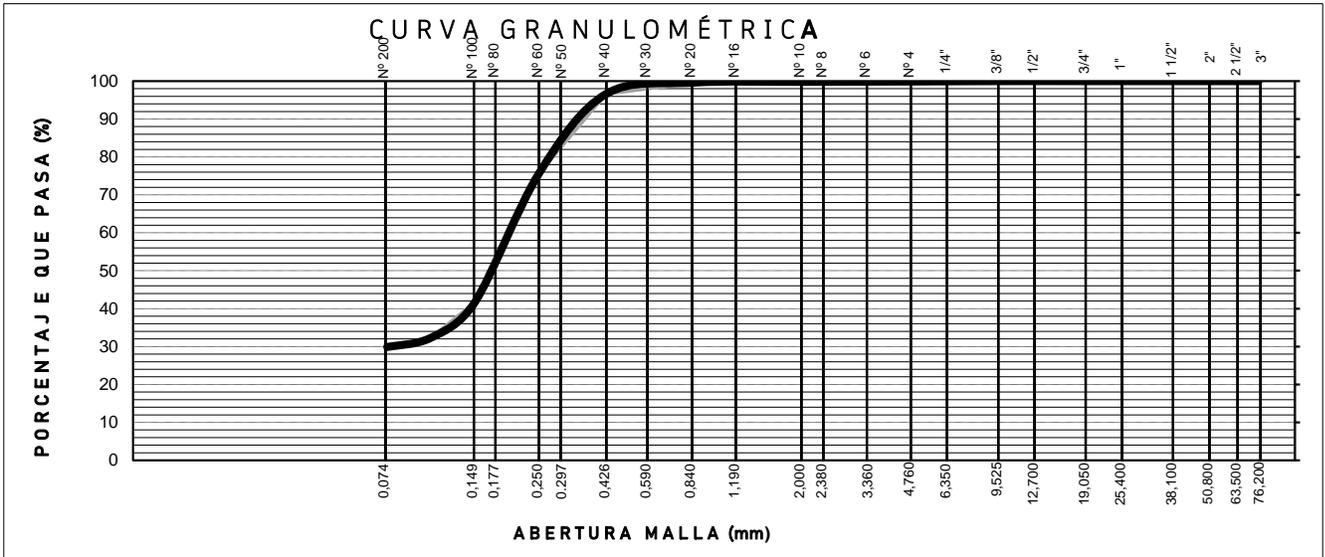
<b>INFORME</b>  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS -AASHTO.</b> <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS)</b>	Código	F-ST-13
	Versión	01
	Fecha	10/07/2023
	Página	01

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

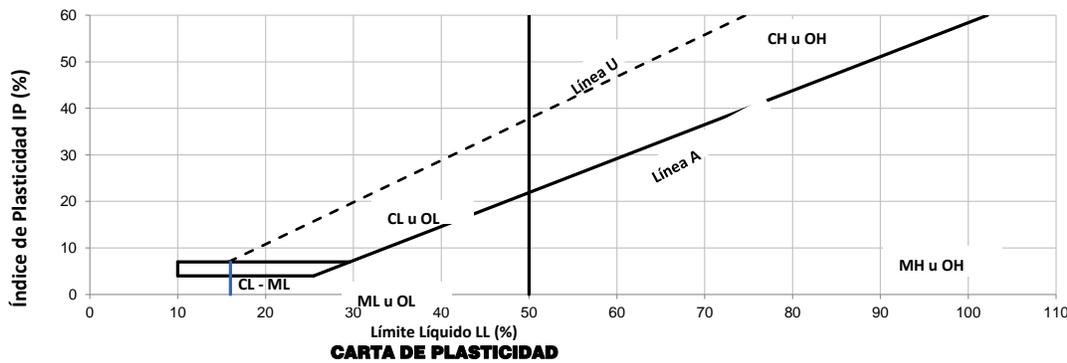
Ubicación de Probeta : AYACUCHO - HUAMANGA  
 Solicitante : SANDER RUBEN ASEÑO DAVILA  
 Fecha de Ensayo : ABRIL DEL 2024

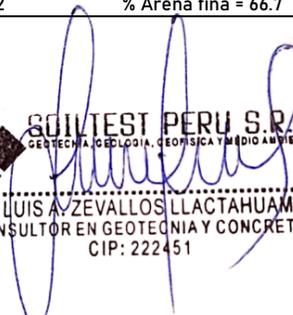
Muestreado por : PERSONAL INTERNO  
 Trazabilidad : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

**RESULTADOS DE ENSAYOS PRELIMINARES**



Boleos %: No reportado por solicitante		Bloques %: No reportado por solicitante	
% Grava =	0	% Arena =	70
% Grava gruesa = 0.0	% Grava fina = 0	% Arena gruesa = 0.1000	% Arena media = 3.2
		% de Finos = 29.9	
		% Arena fina = 66.7	



  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Límite Líquido = NP	Límite Plástico = NP	Índice Plástico = NP
---------------------	----------------------	----------------------

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Condición de frontera: NO	
<b>Clasificación de suelos AASHTO</b>  <b>A-2-4 (0)</b>  <b>Grava y Arena Limosa o Arcillosa</b>	<b>Clasificación de suelos -Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS</b>  <b>SM</b>  <b>ARENA LIMOSA</b>

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	F-ST-08
	<b>STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY M ASTM D2216-19 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y LA ROCA</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Fecha</b>	10/07/2023
		<b>Página</b>	01

**Proyecto** : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

**Ubicación de Proyecto** : AYACUCHO - HUAMANGA      **Muestreado por** : PERSONAL INTERNO

**Solicitante** : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA      **Trazabilidad** : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

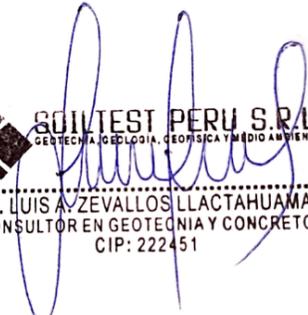
**Fecha de Ensayo:** : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	zona de humedad	Fecha de recepción de muestra:	: ABRIL DEL 2024
Exploración / Nivel:	: C-02	Estrato:	: E-02
		Profundidad:	: 1.5 m

DATOS DEL ENSAYO	
Descripción del tipo y la condición de la muestra : Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo: A (Resolución al 1%)
Tamaño máximo de la partícula visual: 3/8 in.	Cumple masa mínima de ensayo: SI

REPORTE DEL ENSAYO
--------------------

ITEM	DESCRIPCION	UND.	Ensayo 1	Ensayo 2	Contenido de Humedad
1	Peso de masa húmeda de espécimen	g	405.0	405.0	<b>14.0 %</b>
2	Peso de masa seca de espécimen	g	355.0	355.0	
3	Peso del agua en el espécimen	g	50.0	50.0	
4	HUMEDAD	%	14.1	14.1	

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMISICA Y MEDIO AMBIENTE  
**ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN**  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Observación:

---

Direccion: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho



SOILTEST PERU

INFORME

Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis  
ASTM D6913/D6913M-17

GRADACIÓN DE PARTÍCULAS DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS POR TAMIZADO.

Código	F-ST-11
Versión	01
Fecha	10/07/2023
Página	01

Proyecto: : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Trazabilidad: : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Solicitante: : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

Fecha de ensayo: : ABRIL DEL 2024

Ubicación: : AYACUCHO - HUAMANGA

Exploración: : C-02

Estrato: : E-02

Muestreado por: : PERSONAL INTERNO

DATOS DE LA MUESTRA

Lugar:	Zona de Granulometría	Fecha de recepción de muestra :	ABRIL DEL 2024	Exploración / Nivel :	C-02	Estrato :	E-02	Profundidad :	1.5 m
--------	-----------------------	---------------------------------	----------------	-----------------------	------	-----------	------	---------------	-------

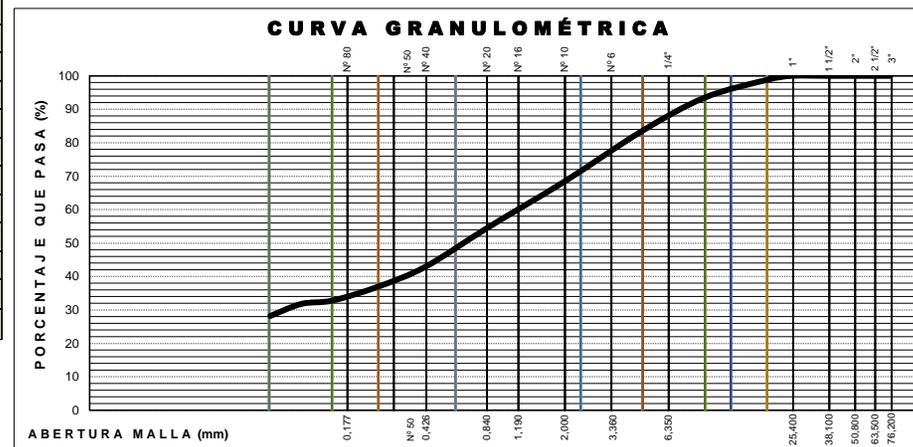
DATOS DEL ENSAYO

Tipo de Tamizado :	De un solo juego de Tamices	Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in
--------------------	-----------------------------	---	---	---------------------------------------	--------

Tipo de Tamizado	Compuesto 1ra sep. PORCIÓN GRUESA	Compuesto 2da sep. PORCIÓN GRUESA	1er, 2do Sub espec/SIMPLE	Tipo de Tamizado	Compuesto 1ra sep. PORCIÓN GRUESA	Compuesto 2da sep. PORCIÓN GRUESA	1er, 2do Sub espec/SIMPLE
Tamiz de separación	--	-	-	Humedad 1er Fracción Fina / Espécimen (%)	--	-	-
Masa Seca (g)	--	-	3,555.00	Masa Seca 1ra Porción Fina (g)	--	-	-
Masa Seca Porc. Grue. (g)	--	-	-	Masa seca lavada sub espécimen (g)	-	-	2,560.5
Masa Seca Lavada Porción Gruesa(g)	--	-	-	Masa Húmeda Espécimen (g)	--	-	-

REPORTE DEL ENSAYO

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Tamizado Fracción Gruesa 1ra sep. (gr)	Tamizado Fracción Gruesa 2ra sep. (gr)	Tamizado Fracción Fina / Conjunto Único	Factor tamizado	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ENSAYO ESTANDAR		COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
									% Grava	% Arena	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	D15 (mm)	D50 (mm)	Cu
3 in.	75.000	-	-	-	0.028129	0.0	0.0	100	% Grava	= 16.40	D10 (mm)	-	D30 (mm)	0.0905	D60 (mm)	1.2917
2 in.	50.000	-	-	-	0.028129	0.0	0.0	100	% Arena	= 55.40	D15 (mm)	--	D50 (mm)	0.6793		
1 1/2 in.	37.500	-	-	-	0.028129	0.0	0.0	100	% Finos	= 28.20	Cu	-	Cc	-		
1 in.	25.000	-	-	-	0.028129	0.0	0.0	100								
3/4 in.	19.000	-	-	41.4	0.028129	1.2	1.2	99								
3/8 in.	9.500	-	-	190.8	0.028129	5.4	6.5	94								
No. 4	4.750	-	-	350.8	0.028129	9.9	16.4	84								
No. 10	2.000	-	-	537.8	0.028129	15.1	31.5	68.5								
No. 20	0.850	-	-	490.0	0.028129	13.8	45.3	54.7								
No. 40	0.425	-	-	416.1	0.028129	11.7	57.0	43.0								
No. 60	0.250	-	-	212.0	0.028129	6.0	63.0	37.0								
No. 100	0.150	-	-	149.0	0.028129	4.2	67.2	32.8								
No. 140	0.106	-	-	36.0	0.028129	1.0	68.2	31.8								
No. 200	0.075	-	-	127.0	0.028129	3.6	71.8	28.2								
Fondo		-	-	9.6		0.3	72.0	0.0								



OBSERVACIÓN:

SOILTEST PERU S.R.L.  
 GERENCIA DE TECNOLOGÍA, GEOMECÁNICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-010</b>
	<b>Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils</b> <b>ASTM D4318-17e1</b> <b>MÉTODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO , LÍMITE</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Ubicación de Proyecto : AYACUCHO - HUAMANGA

Muestreado por : PERSONAL INTERNO

Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

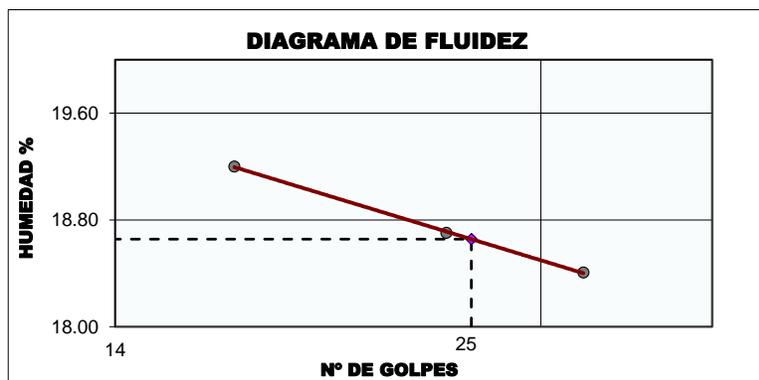
Trazabilidad

: INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar: Zona de Limites	Fecha de recepción de muestra : ABRIL DEL 2024		
Exploración / Nivel: : C-02	Estrato: E-02	Profundidad : 1.5 m	
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo:	Humedo
Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in	Temperatura de secado:	Horno 110 ± 5°C

REPORTE DEL ENSAYO						
DATOS		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Suelo Húmedo	gr	42.28	36.62	41.04	5.89	5.55
Suelo Seco	gr	35.47	30.85	34.66	5.18	4.91
Peso del Agua	gr	6.81	5.77	6.38	0.71	0.64
Contenido de Humedad	%	19.20	18.70	18.41	13.71	13.03
Número de Golpes		17	24	30		
RESULTADOS		Límite Líquido :19			Límite Plástico :13	
		Índice Plástico :6				




**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451



**INFORME**

**Código** F-ST-13

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS -AASHTO.  
CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS)**

**Versión** 01

**Fecha** 10/07/2023

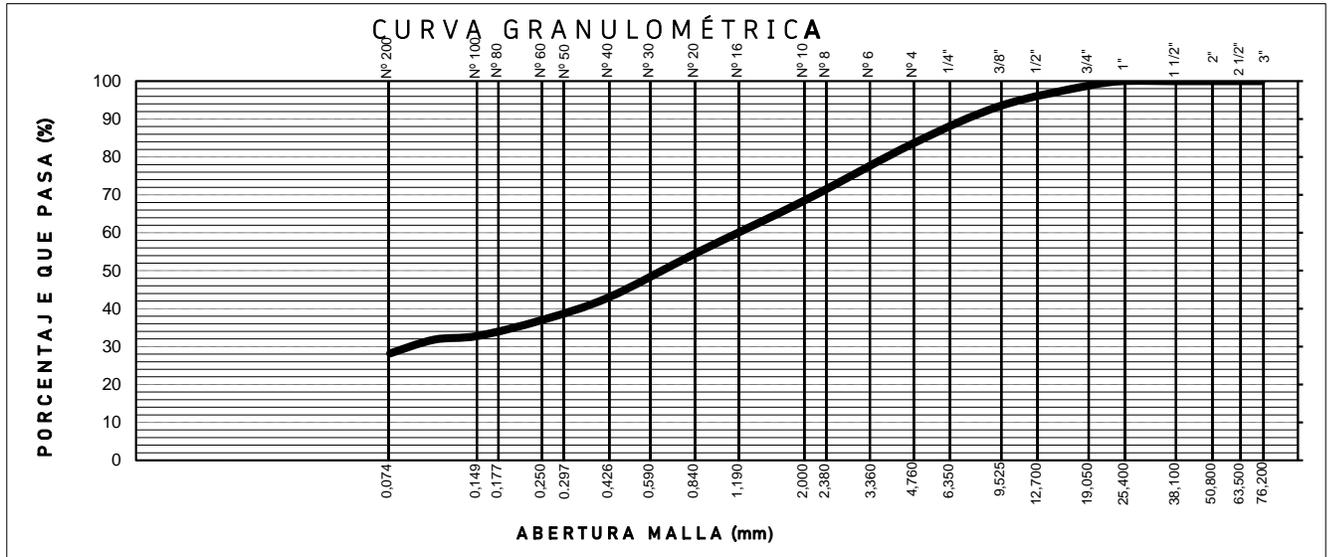
**Página** 01

**Proyecto** : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

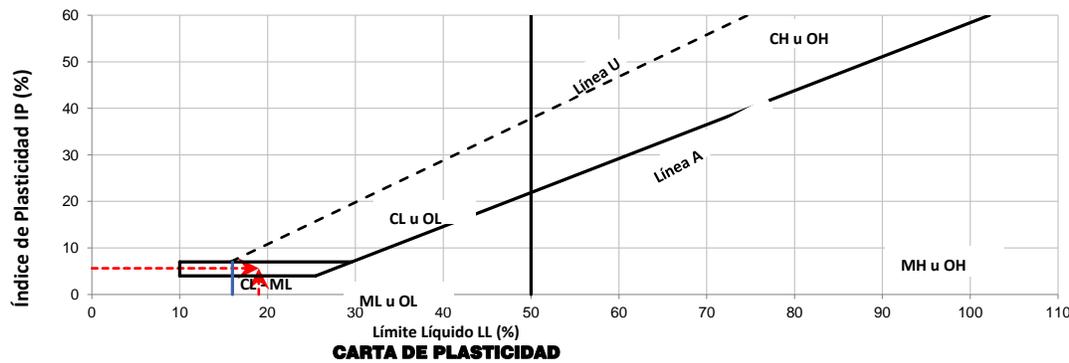
**Ubicación de Proyecto** : AYACUCHO - HUAMANGA  
**Solicitante** : SANDER RUBEN ASEÑO DAVILA  
**Fecha de Ensayo:** : ABRIL DEL 2024

**Muestreado por** : PERSONAL INTERNO  
**Trazabilidad** : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

**RESULTADOS DE ENSAYOS PRELIMINARES**



Boleos %: No reportado por solicitante		Bloques %: No reportado por solicitante			
% Grava =	16	% Arena =	55	% de Finos =	28.2
% Grava gruesa =	1.2	% Grava fina =	15	% Arena gruesa =	15.1
				% Arena media =	25.5
				% Arena fina =	14.8



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Límite Líquido =	19	Límite Plástico =	13	Índice Plástico =	6
------------------	----	-------------------	----	-------------------	---

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Condición de frontera: NO	
<b>Clasificación de suelos AASHTO</b>	<b>Clasificación de suelos -Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS</b>
<b>A-2-4 (0)</b>	<b>SC-SM</b>
<b>Grava y Arena Limosa o Arcillosa</b>	<b>ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA</b>

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	F-ST-08
	<b>STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY M ASTM D2216-19 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y LA ROCA</b>	<b>Versión</b>	01
		<b>Fecha</b>	10/07/2023
		<b>Página</b>	01

**Proyecto** : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

**Ubicación de Proyecto** : AYACUCHO - HUAMANGA **Muestreado por** : PERSONAL INTERNO

**Solicitante** : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA **Trazabilidad** : INF.001-PROY-019/017-24-05-SP

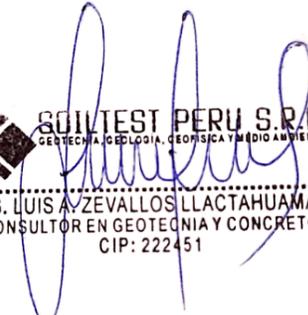
**Fecha de Ensayo:** : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	zona de humedad	Fecha de recepción de muestra:	: ABRIL DEL 2024
Exploración / Nivel:	: C-03	Estrato:	: E-02
		Profundidad:	: 1.5 m

DATOS DEL ENSAYO	
Descripción del tipo y la condición de la muestra : Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo: A (Resolución al 1%)
Tamaño máximo de la partícula visual: 3/8 in.	Cumple masa mínima de ensayo: SI

REPORTE DEL ENSAYO
--------------------

ITEM	DESCRIPCION	UND.	Ensayo 1	Ensayo 2	Contenido de Humedad
1	Peso de masa húmeda de espécimen	g	232.0	232.0	<b>13.0 %</b>
2	Peso de masa seca de espécimen	g	205.0	205.0	
3	Peso del agua en el espécimen	g	27.0	27.0	
4	HUMEDAD	%	13.2	13.2	

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLÓGIA, GEOFÍSICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Observación:

---

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho



SOILTEST PERU

INFORME

Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis  
ASTM D6913/D6913M-17

GRADACIÓN DE PARTÍCULAS DE SUELOS MEDIANTE ANÁLISIS POR TAMIZADO.

Código

F-ST-11

Versión

01

Fecha

10/07/2023

Página

01

Proyecto: : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Trazabilidad: : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Ubicación: : AYACUCHO - HUAMANGA

Solicitante: : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

Exploración: : C-03

Fecha de ensayo: : ABRIL DEL 2024

Estrato: : E-02

Muestreado por: : PERSONAL INTERNO

DATOS DE LA MUESTRA

Lugar:	Zona de Granulometría	Fecha de recepción de muestra :	ABRIL DEL 2024	Exploración / Nivel :	C-03	Estrato :	E-02	Profundidad :	1.5 m
--------	-----------------------	---------------------------------	----------------	-----------------------	------	-----------	------	---------------	-------

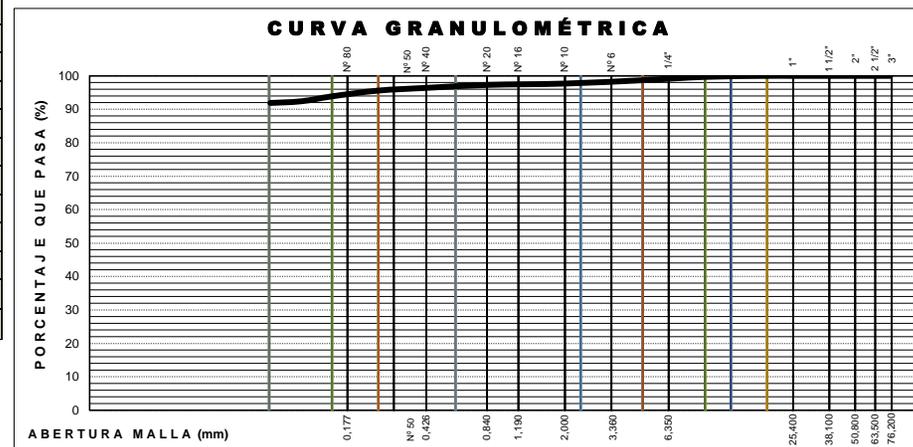
DATOS DEL ENSAYO

Tipo de Tamizado :	De un solo juego de Tamices	Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in
--------------------	-----------------------------	---	---	---------------------------------------	--------

Tipo de Tamizado	Compuesto 1ra sep. PORCIÓN GRUESA	Compuesto 2da sep. PORCIÓN GRUESA	1er, 2do Sub espec/SIMPLE	Tipo de Tamizado	Compuesto 1ra sep. PORCIÓN GRUESA	Compuesto 2da sep. PORCIÓN GRUESA	1er, 2do Sub espec/SIMPLE
Tamiz de separación	--	-	-	Humedad 1er Fracción Fina / Espécimen (%)	--	-	-
Masa Seca (g)	--	-	2,056.60	Masa Seca 1ra Porción Fina (g)	--	-	-
Masa Seca Porc. Grue. (g)	--	-	-	Masa seca lavada sub espécimen (g)	-	-	170.8
Masa Seca Lavada Porción Gruesa(g)	--	-	-	Masa Húmeda Espécimen (g)	--	-	-

REPORTE DEL ENSAYO

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	Tamizado Fracción Gruesa 1ra sep. (gr)	Tamizado Fracción Gruesa 2ra sep. (gr)	Tamizado Fracción Fina / Conjunto Único	Factor tamizado	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA	ENSAYO ESTANDAR		COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA					
									% Grava	% Arena	% Finos	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)		
3 in.	75.000	-	-	-	0.048624	0.0	0.0	100	=	1.25	D10 (mm)	-	D30 (mm)	--	D60 (mm)	-
2 in.	50.000	-	-	-	0.048624	0.0	0.0	100	=	6.85	D15 (mm)	--	D50 (mm)	--		
1 1/2 in.	37.500	-	-	-	0.048624	0.0	0.0	100	=	91.90	Cu	-			Cc	-
1 in.	25.000	-	-	-	0.048624	0.0	0.0	100								
3/4 in.	19.000	-	-	-	0.048624	0.0	0.0	100								
3/8 in.	9.500	-	-	6.0	0.048624	0.3	0.3	100								
No. 4	4.750	-	-	19.8	0.048624	1.0	1.3	99								
No. 10	2.000	-	-	21.0	0.048624	1.0	2.3	97.7								
No. 20	0.850	-	-	8.7	0.048624	0.4	2.7	97.3								
No. 40	0.425	-	-	18.1	0.048624	0.9	3.6	96.4								
No. 60	0.250	-	-	17.8	0.048624	0.9	4.4	95.6								
No. 100	0.150	-	-	34.6	0.048624	1.7	6.1	93.9								
No. 140	0.106	-	-	29.9	0.048624	1.5	7.6	92.4								
No. 200	0.075	-	-	11.0	0.048624	0.5	8.1	91.9								
Fondo		-	-	3.9		0.2	8.3	0.0								



OBSERVACIÓN:

SOILTEST PERU S.R.L.  
 GEOTECNIA, RECOLECCIÓN, GEOMISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-010</b>
	<b>Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils</b> <b>ASTM D4318-17e1</b> <b>MÉTODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO , LÍMITE</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Ubicación de Proyecto : AYACUCHO - HUAMANGA

Muestreado por : PERSONAL INTERNO

Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

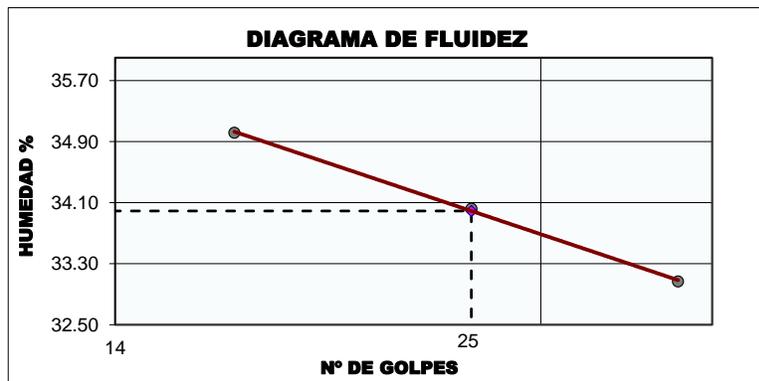
Trazabilidad

: INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	Zona de Limites	Fecha de recepción de muestra : ABRIL DEL 2024	
Exploración / Nivel: : C-03	Estrato: E-02	Profundidad : 1.5 m	
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo:	Humedo
Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in	Temperatura de secado:	Horno 110 ± 5°C

REPORTE DEL ENSAYO						
DATOS		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Suelo Húmedo		gr	<b>36.90</b>	<b>42.19</b>	<b>36.90</b>	<b>6.28</b> <b>6.13</b>
Suelo Seco		gr	<b>27.33</b>	<b>31.48</b>	<b>27.73</b>	<b>5.27</b> <b>5.14</b>
Peso del Agua		gr	9.57	10.71	9.17	1.01      0.99
Contenido de Humedad		%	35.02	34.02	33.07	19.17      19.26
Número de Golpes			<b>17</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	
RESULTADOS		<b>Límite Líquido :34</b>			<b>Límite Plástico :19</b>	
		<b>Índice Plástico :15</b>				




**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMECANICA Y MEDIO AMBIENTE  


---

**ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN**  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451



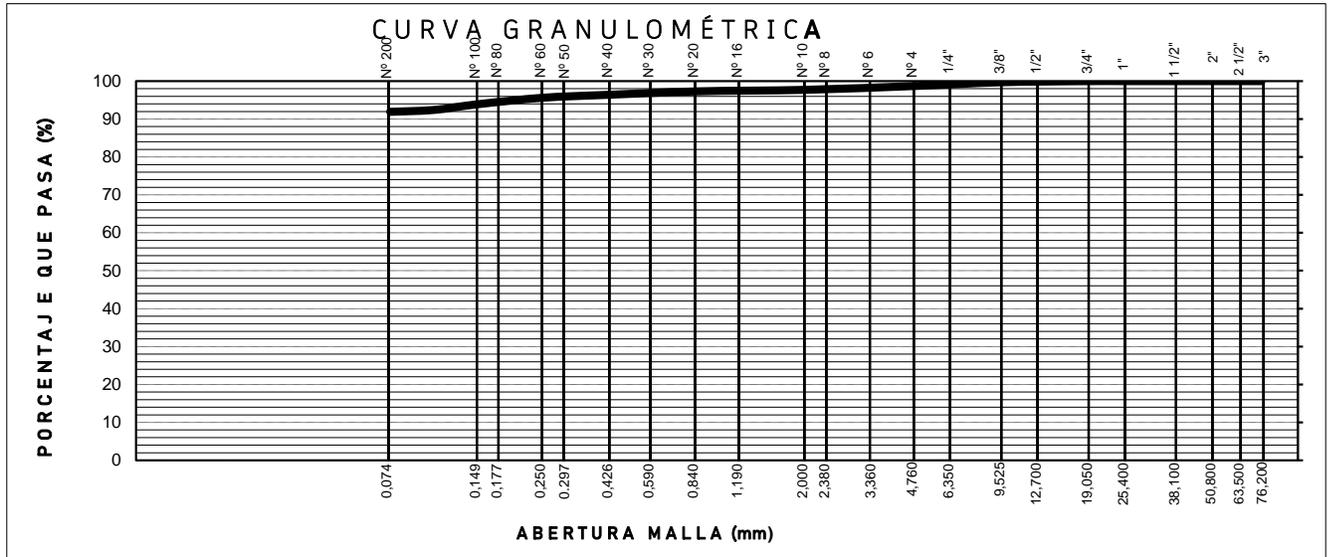
INFORME

CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y MEZCLAS DE SUELO Y AGREGADOS PARA FINES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS -AASHTO. CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS)

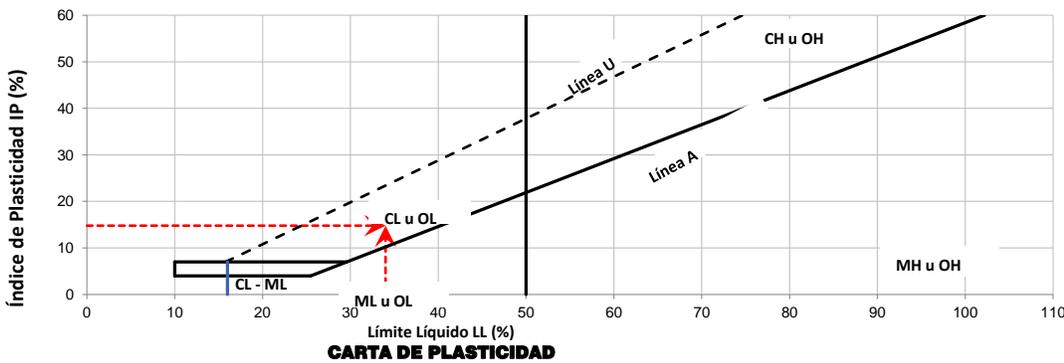
Table with 2 columns: Field (Código, Versión, Fecha, Página) and Value (F-ST-13, 01, 10/07/2023, 01)

Projecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"
Ubicación de Prueba : AYACUCHO - HUAMANGA
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA
Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024
Muestreado por : PERSONAL INTERNO
Trazabilidad : INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

RESULTADOS DE ENSAYOS PRELIMINARES



Summary table of soil composition: % Grava gruesa = 0.0, % Grava fina = 1, % Arena gruesa = 1, % Arena media = 1.3, % Arena fina = 4.5, % de Finos = 91.9



Signature and stamp of SOILTEST PERU S.R.L. CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO CIP: 222451

Summary table: Límite Líquido = 34, Límite Plástico = 19, Índice Plástico = 15

CLASIFICACIÓN DE SUELOS table with columns for AASHTO (A-6, Suelos Arcillosos) and SUCS (CL, ARCILLA LIGERA)

Dirección: AA. HH. COVADONGA MZ "T2" LT 04 - Distrito de Ayacucho - Huamanga - Ayacucho



**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN  
LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA  
MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC  
E 115)**

Version: 01  
Fecha: 26/01/2023  
Página: 1/1

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AYACUCHO-2024"

Código :-

Trazabilidad :-

Solicitante : SANDER RUBEN ASEÑO DAVILA

Fecha : ABRIL DEL 2024

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA

Lugar : HUAMANGA

Exploración : C-1

Estrato/Nivel : E - 02

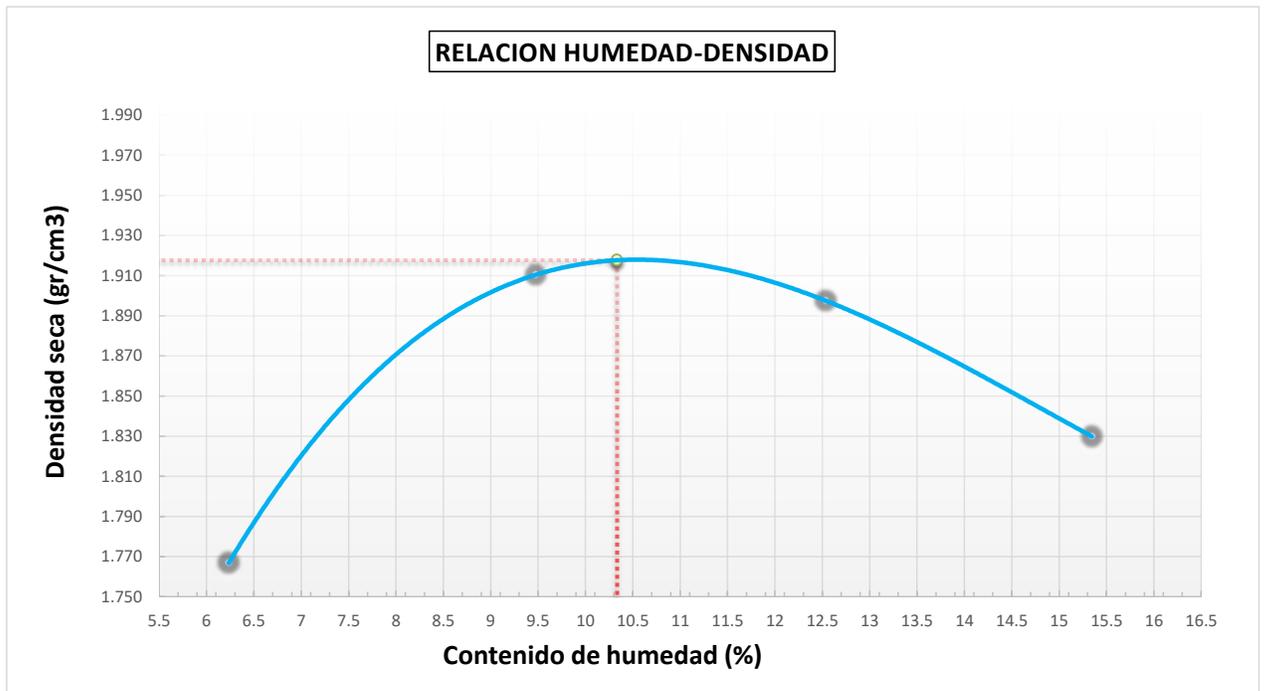
**ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN**  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

**DATOS DEL ENSAYO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD**

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	3584.0	3784.0	3825.0	3802.0
Peso molde	gr	1833.0	1833.0	1833.0	1833.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1751.0	1951.0	1992.0	1969.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	932.88	932.88	932.88	932.88
Peso volumétrico húmedo	gr	1.88	2.09	2.14	2.11
Recipiente N°		42	39	82	111
Peso del suelo húmedo+tara	gr	61.03	59.64	59.08	57.20
Peso del suelo seco + tara	gr	58.62	56.31	54.86	52.34
Tara	gr	20.11	21.19	21.16	20.66
Peso de agua	gr	2.40	3.33	4.22	4.86
Peso del suelo seco	gr	38.52	35.12	33.70	31.68
Contenido de agua	%	6.24	9.48	12.54	15.35
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.767	1.910	1.897	1.830

<b>OCH Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>10.34</b>
<b>MDS Máxima Densidad Seca (gr/m3)</b>	<b>1.918</b>





**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN  
LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA  
MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC  
E 115)**

Version: 01  
Fecha: 26/01/2023  
Página: 1/1

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2023"

Código : - Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Trazabilidad : - Lugar : HUAMANGA  
Solicitante : GRUPO DE TESIS Exploración : C-2  
Fecha : MARZO DEL 2024 Estrato/Nivel : E - 02

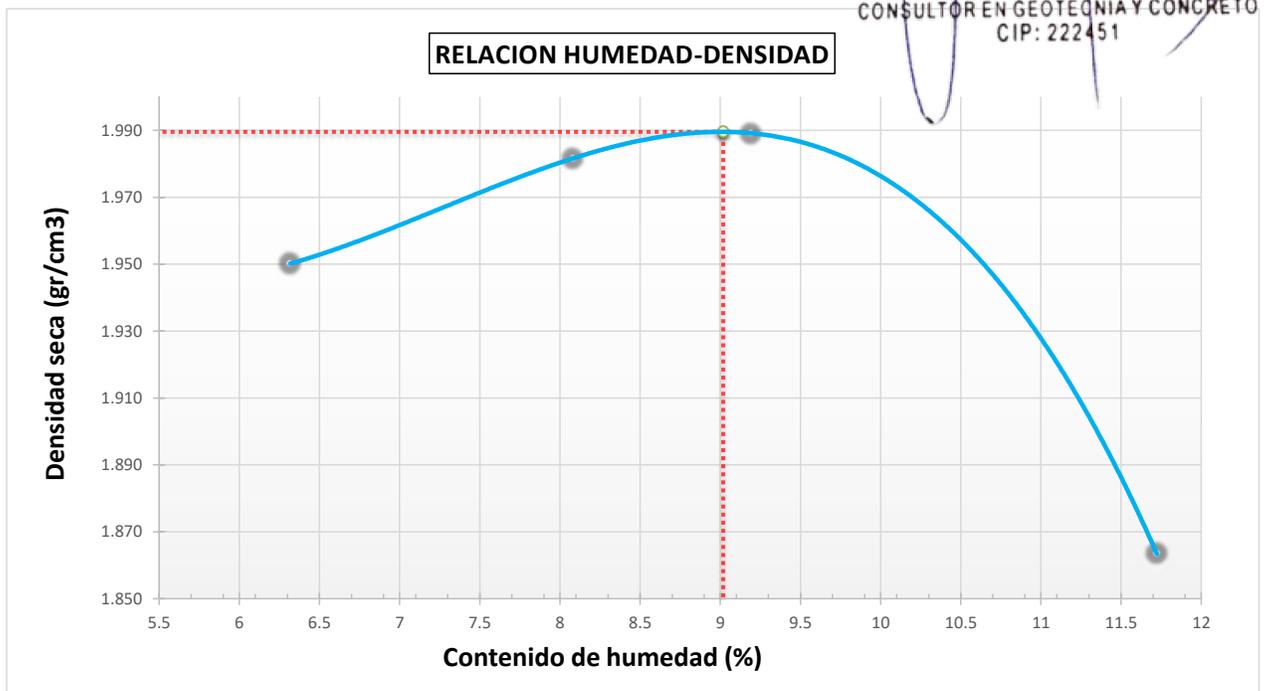
**DATOS DEL ENSAYO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD**

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	7644.0	7789.0	7853.0	7662.0
Peso molde	gr	3251.0	3251.0	3251.0	3251.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	4393.0	4538.0	4602.0	4411.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2118.79	2118.79	2118.79	2118.79
Peso volumétrico húmedo	gr	2.07	2.14	2.17	2.08
Recipiente N°		105	231	85	14
Peso del suelo húmedo+tara	gr	53.50	63.88	65.96	92.15
Peso del suelo seco + tara	gr	51.72	60.76	62.00	84.67
Tara	gr	23.54	22.10	18.97	20.92
Peso de agua	gr	1.79	3.13	3.96	7.48
Peso del suelo seco	gr	28.18	38.66	43.04	63.75
Contenido de agua	%	6.32	8.08	9.19	11.72
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.950	1.982	1.989	1.863

OCH Optimo Contenido de Humedad (%)	9.02
MDS Máxima Densidad Seca (gr/m3)	1.990

ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451





**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN  
LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA  
MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC  
E 115)**

Version: 01

Fecha: 26/01/2023

Página: SOILTEST PERU S.R.L.  
INGENIERÍA DE GEOTECNIA, GEOFÍSICA Y MEDIO AMBIENTE

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ REFINADO"  
AYACUCHO-2024

Código : - Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA

Trazabilidad : - Lugar : HUAMANGA

Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA Exploración : C-3

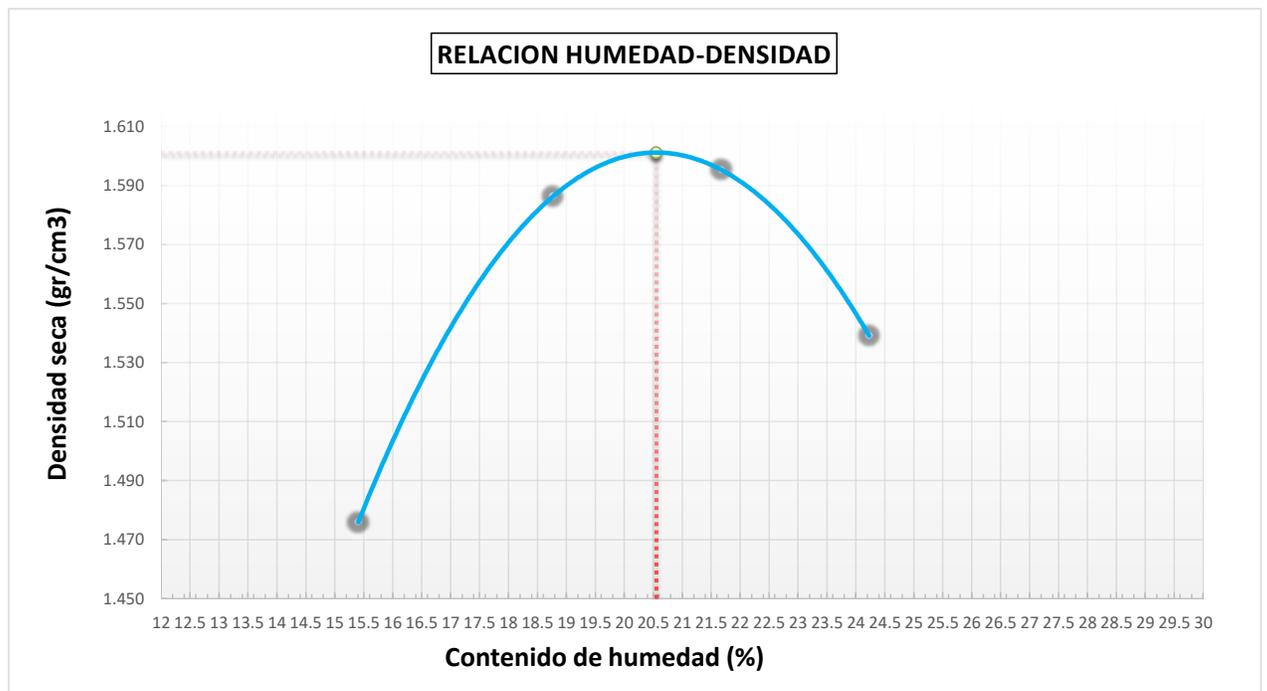
Fecha : ABRIL DEL 2024 Estrato/Nivel : E - 02

**DATOS DEL ENSAYO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD**

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	3421.0	3589.0	3642.0	3615.0
Peso molde	gr	1838.0	1838.0	1838.0	1838.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1583.0	1751.0	1804.0	1777.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	929.37	929.37	929.37	929.37
Peso volumétrico húmedo	gr	1.70	1.88	1.94	1.91
Recipiente N°		84	65	31	54
Peso del suelo húmedo+tara	gr	67.66	53.01	61.70	70.96
Peso del suelo seco + tara	gr	61.46	47.97	54.58	61.16
Tara	gr	21.24	21.15	21.78	20.72
Peso de agua	gr	6.20	5.04	7.11	9.80
Peso del suelo seco	gr	40.22	26.82	32.80	40.44
Contenido de agua	%	15.41	18.77	21.68	24.23
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.476	1.586	1.595	1.539

<b>OCH Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>20.56</b>
<b>MDS Máxima Densidad Seca (gr/m3)</b>	<b>1.601</b>





**SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA**

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLÓGIA, GEOFÍSICA Y MEDIO AMBIENTE

ING. JUAN A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

Fecha: 30/01/2023

Página: 1/2

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código: -  
Trazabilidad: -  
Solicitante: SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
Fecha: ABRIL DEL 2024

Ubicación: AYACUCHO - HUAMANGA  
Lugar: HUAMANGA  
Exploración: C-1  
Estrato/Nivel: E - 02

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	97		96		102	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,272	12,439	12,542	12,774	12,511	12,811
Peso molde (gr.)	7,775		8,219		8,352	
Peso suelo compactado (gr.)	4,497	4,664	4,323	4,555	4,159	4,459
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,124.9		2,114.4		2,106.9	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.116	2.195	2.045	2.154	1.974	2.117
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.918	1.926	1.853	1.862	1.789	1.796

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	21.5	22.6	21.5	20.4	21.5	17.8
Tara + suelo húmedo (gr.)	67.0	68.3	67.0	67.9	67.0	70.6
Tara + suelo seco (gr.)	62.7	62.7	62.7	61.5	62.7	62.6
Peso de agua (gr.)	4.3	5.6	4.3	6.5	4.3	8.0
Peso de suelo seco (gr.)	41.2	40.1	41.2	41.1	41.2	44.8
Humedad (%)	10.3	14.0	10.3	15.7	10.3	17.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
12	11:45	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
13	11:45	24	1.0	0.03	0.22	2.5	0.06	0.55	3.0	0.08	0.66
14	11:45	48	2.0	0.05	0.44	3.5	0.09	0.76	5.0	0.13	1.10
15	11:45	72	3.0	0.08	0.65	4.5	0.11	0.98	6.0	0.15	1.32
16	11:45	96	4.0	0.10	0.87	6.0	0.15	1.31	7.0	0.18	1.54

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 97				Molde N° 96				Molde N° 102			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		18.90	1.0			18.52	1.0			18.00	0.9		
0.050		96.00	5.0			60.00	3.1			40.05	2.1		
0.075		168.45	8.7			97.50	5.0			63.00	3.3		
0.100	70.360	235.20	12.2	11.5	16.3	135.00	7.0	7.5	10.7	90.00	4.7	4.5	6.4
0.125		294.15	15.2			195.00	10.1			144.00	7.5		
0.150		353.10	18.3			240.00	12.4			180.00	9.3		
0.200	105.541	445.20	23.0	23.0	21.8	300.00	15.5	15.8	15.0	288.00	14.9	15.0	14.2
0.300		501.75	26.0			359.10	18.6			405.00	21.0		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* \* Se observa que la muestra no es expansiva



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Versión

Fecha

Página



SOILTEST PERÚ S.R.L.

GESTIÓN DE TECNOLOGÍA, GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTE

ING. LUIS ALBERTO PALLOS LACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

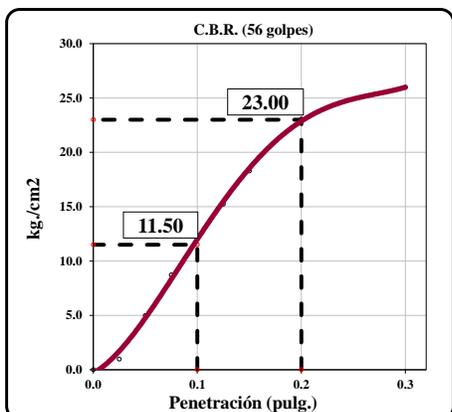
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : - Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Trazabilidad : - Lugar : HUAMANGA  
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA Exploración : C-1  
Fecha : ABRIL DEL 2024 Estrato/Nivel : E - 02

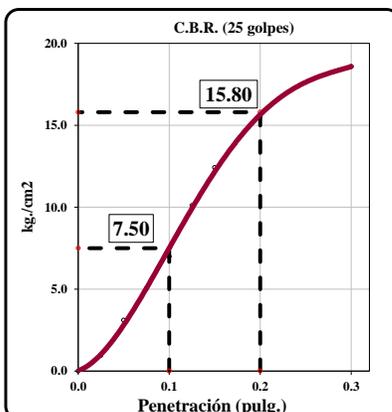
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

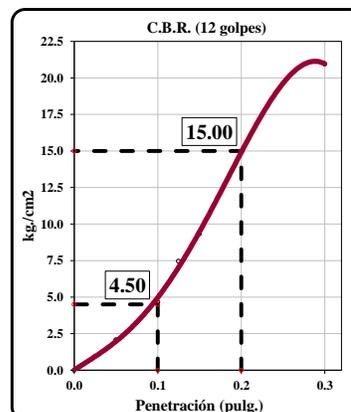
Máx. Densidad Seca : 1.926 O.C.H. : 10.3 %  
Máx. Densidad Seca al 95% : 1.830



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 16.3 %

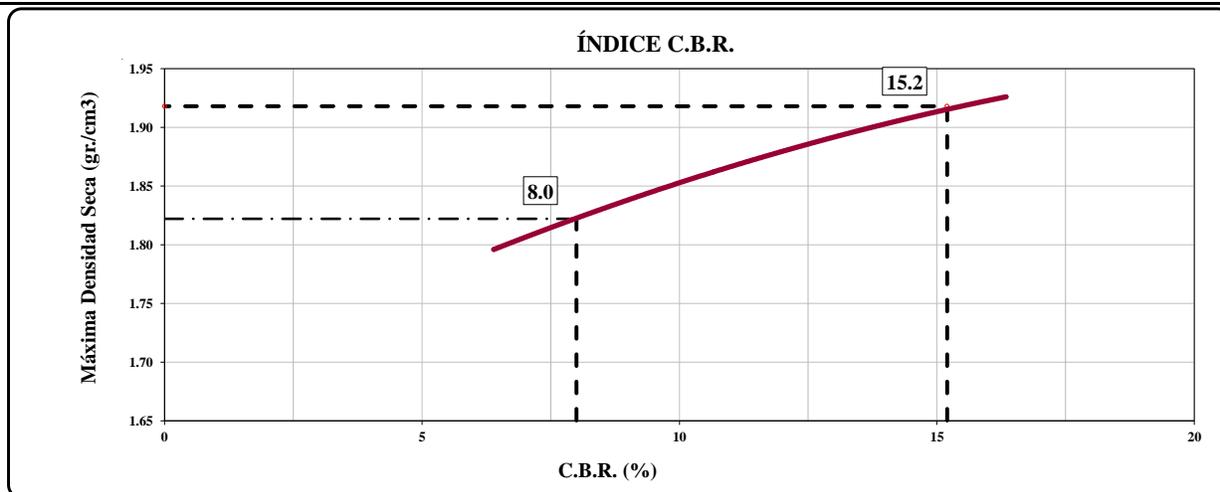


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 10.7 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 6.4 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.)	0	15.2 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.)	0	8.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* ...



**SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA**

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE

ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

Fecha: 30/01/2023

Página: 1/2

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código: -  
Trazabilidad: -  
Solicitante: SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
Fecha: ABRIL DEL 2024

Ubicación: AYACUCHO - HUAMANGA  
Lugar: HUAMANGA  
Exploración: C-2  
Estrato/Nivel: E - 02

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	106		102		98	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,881	13,186	12,799	13,160	12,374	12,802
Peso molde (gr.)	8,342		8,352		8,066	
Peso suelo compactado (gr.)	4,539	4,844	4,447	4,808	4,308	4,736
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,092.3		2,106.9		2,115.5	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.169	2.315	2.111	2.282	2.036	2.238
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.990	1.998	1.936	1.943	1.868	1.876

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	106	102	102	98	98
Peso de tara (gr.)	18.0	21.6	18.0	21.2	17.1
Tara + suelo húmedo (gr.)	70.8	70.3	70.8	65.6	65.8
Tara + suelo seco (gr.)	66.4	63.6	66.4	59.0	57.9
Peso de agua (gr.)	4.4	6.7	4.4	6.6	7.9
Peso de suelo seco (gr.)	48.4	42.1	48.4	37.9	40.8
Humedad (%)	9.0	15.9	9.0	17.5	19.3

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22	11:45	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
23	11:45	24	1.0	0.03	0.23	2.5	0.06	0.55	3.0	0.08	0.66
24	11:45	48	2.0	0.05	0.46	3.5	0.09	0.77	5.0	0.13	1.09
25	11:45	72	3.0	0.08	0.69	4.5	0.11	0.99	6.0	0.15	1.31
26	11:45	96	4.0	0.10	0.92	6.0	0.15	1.32	7.0	0.18	1.53

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 106				Molde N° 102				Molde N° 98			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		18.90	1.0			22.23	1.2			22.00	1.1		
0.050		96.00	5.0			72.00	3.7			48.95	2.5		
0.075		168.45	8.7			117.00	6.1			77.00	4.0		
0.100	70.360	235.20	12.2	12.0	17.1	162.00	8.4	8.6	12.2	110.00	5.7	6.0	8.5
0.125		294.15	15.2			234.00	12.1			154.00	8.0		
0.150		353.10	18.3			288.00	14.9			181.50	9.4		
0.200	105.541	445.20	23.0	23.0	21.8	360.00	18.6	19.0	18.0	222.75	11.5	12.0	11.4
0.300		501.75	26.0			430.92	22.3			275.00	14.2		

OBSERVACIONES:  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.  
 \* Se observa que la muestra no es expansiva  
 ---



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Versión

ING. LUIS AZEVALLOS LACTAHUAMAN

Fecha CONSULTORÍA DE TÉCNICA Y CONCRETO  
CIP: 222451

Página : 2/2

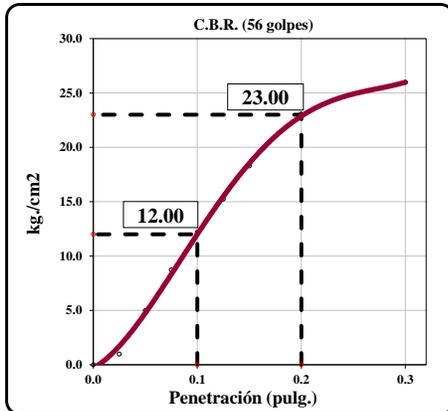
Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código	: -	Ubicación	: AYACUCHO - HUAMANGA
Trazabilidad	: -	Lugar	: HUAMANGA
Solicitante	: SANDER RUBEN ASENJO DAVILA	Exploración	: C-2
Fecha	: ABRIL DEL 2024	Estrato/Nivel	: E - 02

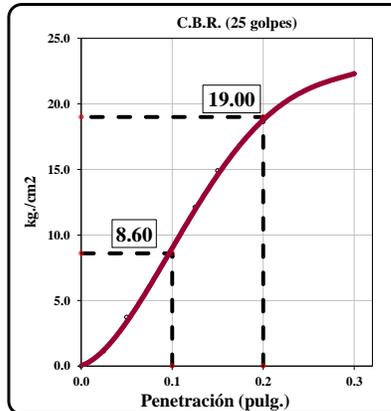
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

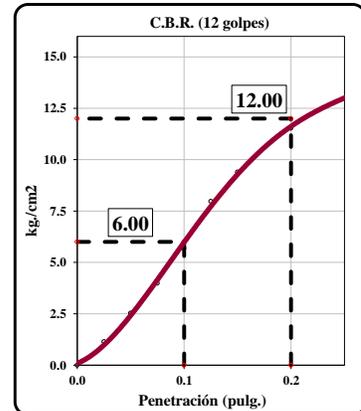
Máx. Densidad Seca	:	1.998	O.C.H.	:	9.0 %
Máx. Densidad Seca al 95%	:	1.898			



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 17.1 %

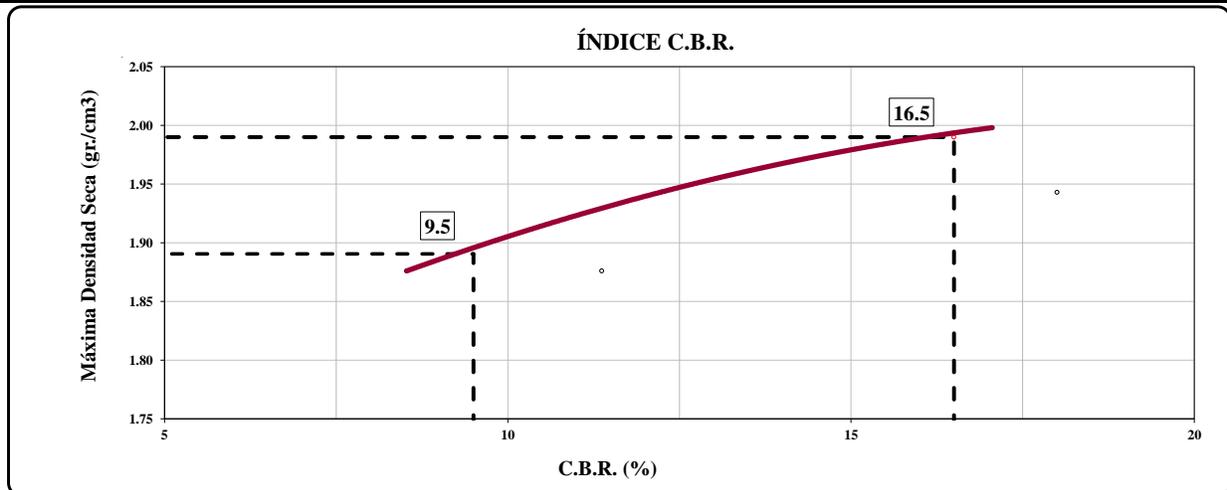


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 12.2 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 8.5 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.)	0	16.5 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.)	0	9.5 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* ...



**SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA**

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOTECNIA, GEOMECÁNICA Y MEDIO AMBIENTE

ING. ROIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

Fecha: 30/01/2023

Página: 1/2

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : -  
Trazabilidad : -  
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
Fecha : ABRIL DEL 2024

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Lugar : HUAMANGA  
Exploración : C-3  
Estrato/Nivel : E - 02

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	93		96		106	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,861	13,074	12,203	12,536	12,113	12,508
Peso molde (gr.)	8,427		8,219		8,342	
Peso suelo compactado (gr.)	4,434	4,647	3,984	4,317	3,771	4,166
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,297.2		2,114.4		2,092.3	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1.930	2.023	1.884	2.042	1.802	1.991
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.601	1.598	1.563	1.572	1.495	1.499

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	18.1	20.5	18.1	17.6	18.1	21.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	66.7	67.6	66.7	66.9	66.7	68.6
Tara + suelo seco (gr.)	58.4	57.7	58.4	55.5	58.4	56.8
Peso de agua (gr.)	8.3	9.9	8.3	11.3	8.3	11.8
Peso de suelo seco (gr.)	40.2	37.2	40.2	38.0	40.2	35.8
Humedad (%)	20.6	26.6	20.6	29.9	20.6	32.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22	11:45	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
23	11:45	24	1.0	0.03	0.22	2.5	0.06	0.55	3.0	0.08	0.69
24	11:45	48	2.0	0.05	0.44	3.5	0.09	0.76	5.0	0.13	1.15
25	11:45	72	3.0	0.08	0.66	4.5	0.11	0.98	6.0	0.15	1.38
26	11:45	96	4.0	0.10	0.87	6.0	0.15	1.31	7.0	0.18	1.61

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 93				Molde N° 96				Molde N° 106			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		8.82	0.5			9.88	0.5			2.80	0.1		
0.050		44.80	2.3			32.00	1.7			6.23	0.3		
0.075		78.61	4.1			52.00	2.7			9.80	0.5		
0.100	70.360	109.76	5.7	5.4	7.7	72.00	3.7	3.5	5.0	14.00	0.7	0.8	1.1
0.125		137.27	7.1			104.00	5.4			19.95	1.0		
0.150		164.78	8.5			128.00	6.6			23.80	1.2		
0.200	105.541	207.76	10.8	10.5	9.9	160.00	8.3	8.0	7.6	31.50	1.6	1.6	1.5
0.300		234.15	12.1			191.52	9.9			35.70	1.8		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* Se observa que la muestra no es expansiva



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Versión

ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN

Fecha CONSULTORIA Nº 002 CENI Y CONCRETO  
CIP: 222451

Página : 2/2

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

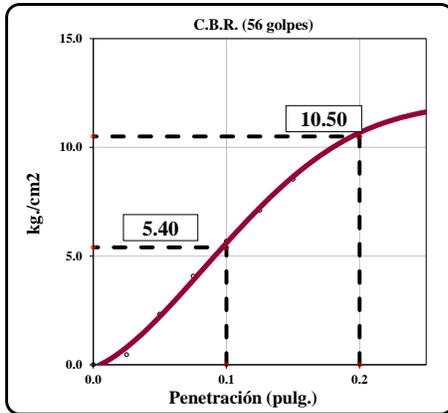
Código : -  
Trazabilidad : -  
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
Fecha : ABRIL DEL 2024

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Lugar : HUAMANGA  
Exploración : C-3  
Estrato/Nivel : E - 02

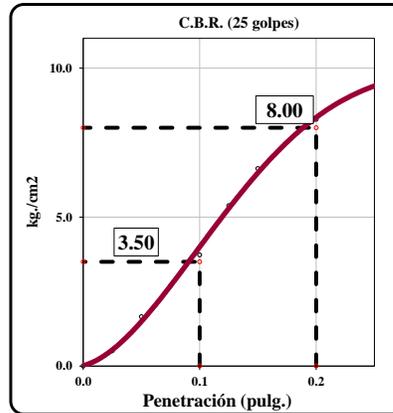
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

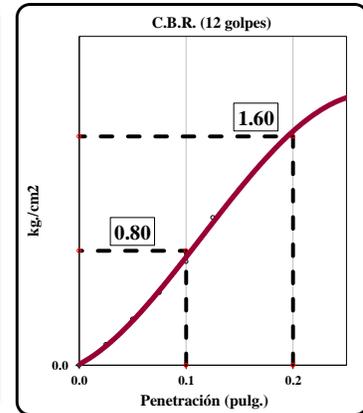
Máx. Densidad Seca : 1.598 O.C.H. : 20.6 %  
Máx. Densidad Seca al 95% : 1.518



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 7.7 %

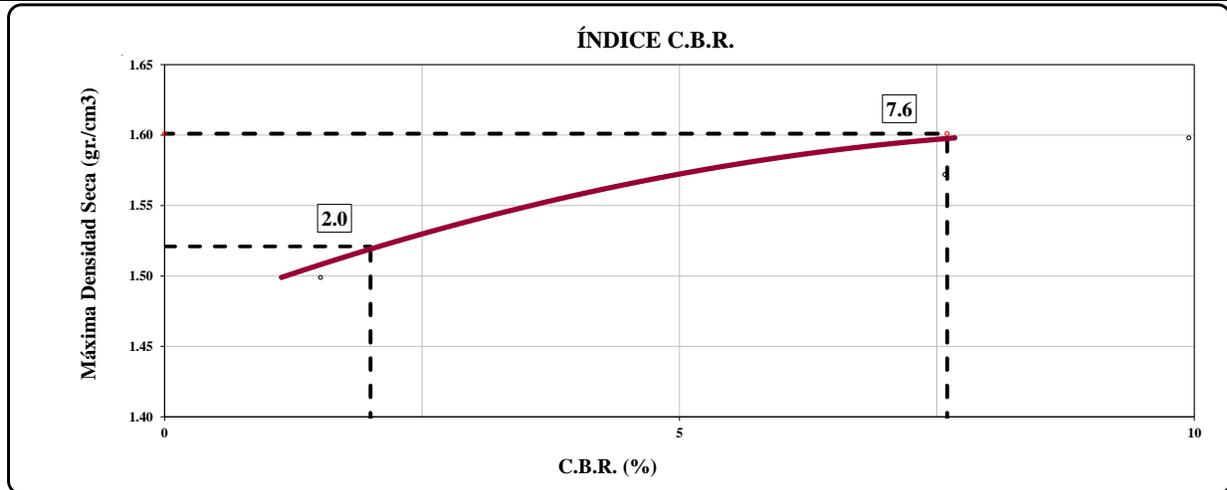


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 5.0 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 1.1 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.)	0	7.6 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.)	0	2.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* ...

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-010</b>
	<b>Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils</b> <b>ASTM D4318-17e1</b> <b>MÉTODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO , LÍMITE</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Ubicación de Proyecto : AYACUCHO - HUAMANGA

Muestreado por : PERSONAL INTERNO

Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

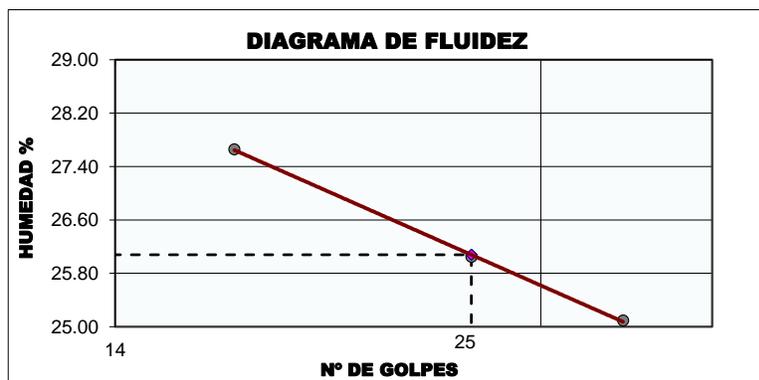
Trazabilidad

: INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	Zona de Limites	Fecha de recepción de muestra : ABRIL DEL 2024	
Exploración / Nivel: : M1 (0.25% + 6%)	Estrato: : E-02	Profundidad : 1.5 m	
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo:	Humedo
Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in	Temperatura de secado:	Horno 110 ± 5°C

REPORTE DEL ENSAYO						
DATOS		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Suelo Húmedo	gr	25.94	14.71	23.58	6.58	7.47
Suelo Seco	gr	20.32	11.67	18.85	5.53	6.30
Peso del Agua	gr	5.62	3.04	4.73	1.05	1.17
Contenido de Humedad	%	27.66	26.05	25.09	18.99	18.57
Número de Golpes		17	25	32		
RESULTADOS		Límite Líquido :26			Límite Plástico :19	
		Índice Plástico :7				




**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-010</b>
	<b>Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils</b> <b>ASTM D4318-17e1</b> <b>MÉTODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO , LÍMITE</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Ubicación de Proyecto : AYACUCHO - HUAMANGA

Muestreado por : PERSONAL INTERNO

Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

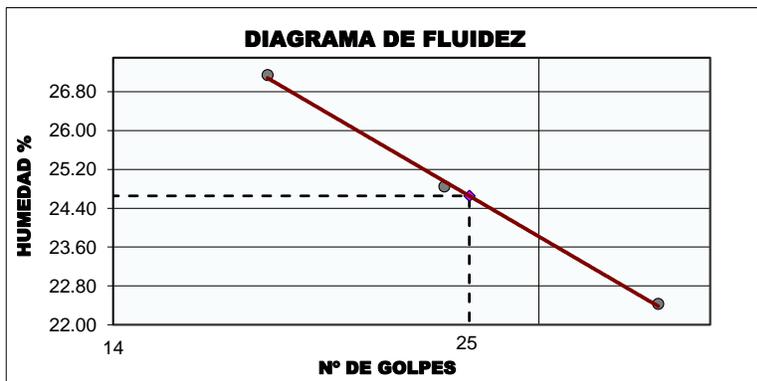
Trazabilidad

: INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	Zona de Limites	Fecha de recepción de muestra : ABRIL DEL 2024	
Exploración / Nivel: : M2 (0.5% + 4%)	Estrato: E-02	Profundidad : 1.5 m	
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo:	Humedo
Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in	Temperatura de secado:	Horno 110 ± 5°C

REPORTE DEL ENSAYO						
DATOS		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Suelo Húmedo		gr	22.86	34.57	28.00	7.05      7.14
Suelo Seco		gr	17.98	27.69	22.87	5.86      5.93
Peso del Agua		gr	4.88	6.88	5.13	1.19      1.21
Contenido de Humedad		%	27.14	24.85	22.43	20.31      20.40
Número de Golpes			18	24	34	
RESULTADOS		Límite Líquido :25			Límite Plástico :20	
		Índice Plástico :5				




**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

	<b>INFORME</b>	<b>Código</b>	<b>F-ST-010</b>
	<b>Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils</b> <b>ASTM D4318-17e1</b> <b>MÉTODO ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO , LÍMITE</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>10/07/2023</b>
		<b>Página</b>	<b>01</b>

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Ubicación de Proyecto : AYACUCHO - HUAMANGA

Muestreado por : PERSONAL INTERNO

Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA

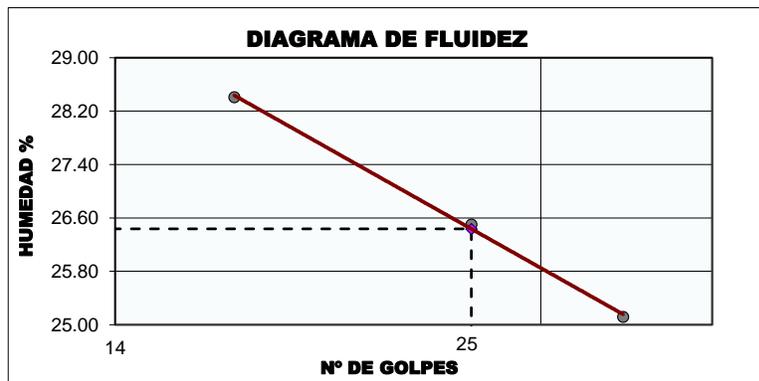
Trazabilidad

: INF.001-PROY-019/017-24-OS-SP

Fecha de Ensayo: : ABRIL DEL 2024

DATOS DE LA MUESTRA			
Lugar:	Zona de Limites	Fecha de recepción de muestra : ABRIL DEL 2024	
Exploración / Nivel: : M3 (0.75% + 2%)	Estrato: E-02	Profundidad : 1.5 m	
DATOS DEL ENSAYO			
Descripción del tipo y la condición de la muestra :	Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	Método de ensayo:	Humedo
Tamaño máximo de la partícula visual:	3/4 in	Temperatura de secado:	Horno 110 ± 5°C

REPORTE DEL ENSAYO						
DATOS		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Suelo Húmedo		gr	24.95	34.56	26.35	6.02      6.34
Suelo Seco		gr	19.43	27.32	21.06	4.92      5.15
Peso del Agua		gr	5.52	7.24	5.29	1.10      1.19
Contenido de Humedad		%	28.41	26.50	25.12	22.36      23.11
Número de Golpes			17	25	32	
RESULTADOS		Límite Líquido :26			Límite Plástico :23	
		Índice Plástico :3				




**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  


---

**ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN**  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451



**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN  
LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA  
MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC  
E 115)**

Version: 01  
Fecha: 26/01/2023  
Página: 1/1

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Proyecto

Código :-

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA

Trazabilidad :-

Lugar : HUAMANGA

Responsable : SANDER RUBEN ASEÑO DAVILA

Exploración : C-3 / M-1

Fecha

: ABRIL DEL 2024

Estrato/Nivel : E - 02

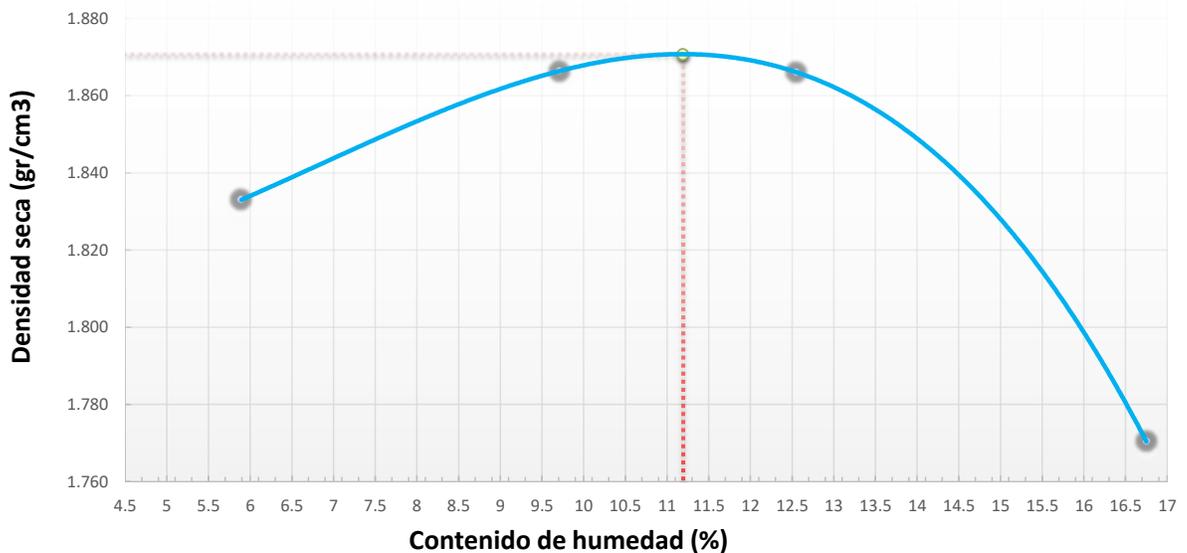
**DATOS DEL ENSAYO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD**

Numero de Ensayo		1	2	3	4	
Peso suelo + molde	gr	3642.0	3741.0	3790.0	3759.0	
Peso molde	gr	1838.0	1838.0	1838.0	1838.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1804.0	1903.0	1952.0	1921.0	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	929.37	929.37	929.37	929.37	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.94	2.05	2.10	2.07	
Recipiente N°		202	153	69	47	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	67.66	57.15	43.93	65.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	65.07	53.95	41.17	58.71	
Tara	gr	21.24	21.01	19.19	21.09	
Peso de agua	gr	2.58	3.20	2.76	6.29	
Peso del suelo seco	gr	43.83	32.94	21.98	37.62	
Contenido de agua	%	5.89	9.71	12.55	16.75	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.833	1.866	1.866	1.770	

<b>OCH Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>11.19</b>
<b>MDS Máxima Densidad Seca (gr/m3)</b>	<b>1.871</b>

**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**





**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN  
LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA  
MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC  
E 115)**

Version: 01  
Fecha: 26/01/2023  
Página: 1/1

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

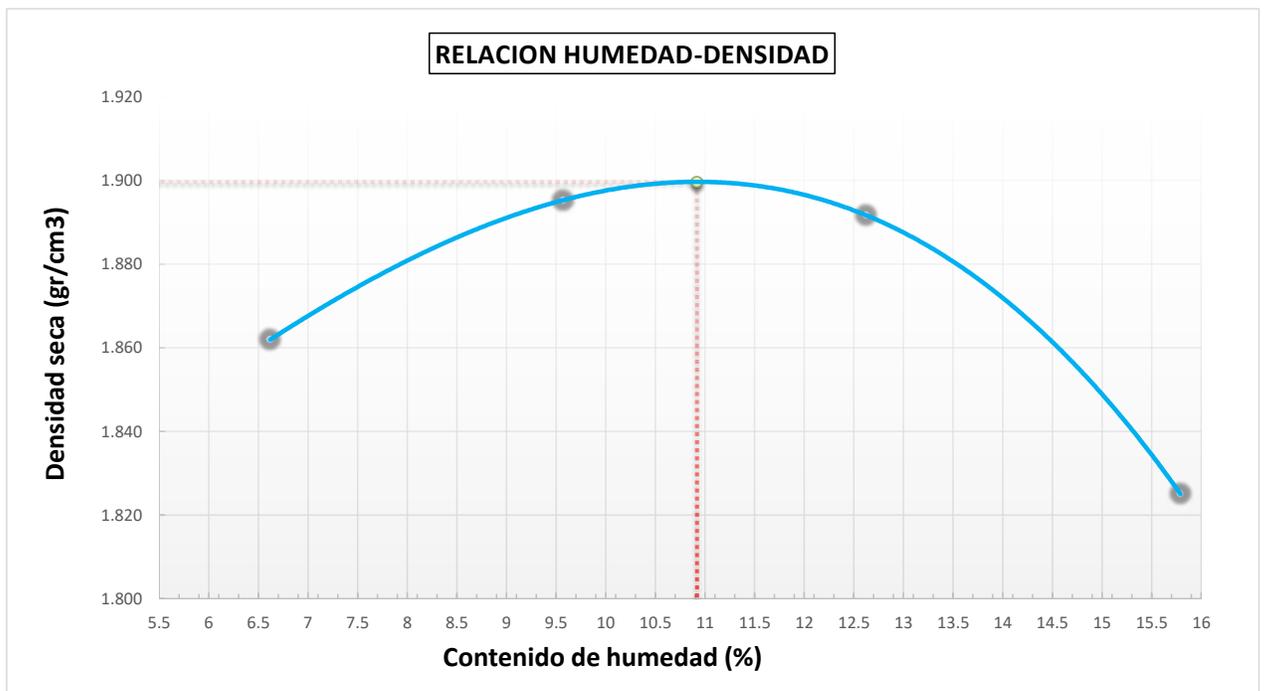
Código : - Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Trazabilidad : - Lugar : HUAMANGA  
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA Exploración : C-3 / M-2  
Fecha : ABRIL DEL 2024 Estrato/Nivel : E - 02

**DATOS DEL ENSAYO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD**

Numero de Ensayo		1	2	3	4	
Peso suelo + molde	gr	3683.0	3768.0	3818.0	3802.0	
Peso molde	gr	1838.0	1838.0	1838.0	1838.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1845.0	1930.0	1980.0	1964.0	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	929.37	929.37	929.37	929.37	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.99	2.08	2.13	2.11	
Recipiente N°		121	56	89	201	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	58.32	60.59	59.31	70.96	
Peso del suelo seco + tara	gr	56.08	57.23	55.14	64.11	
Tara	gr	22.28	22.10	22.03	20.72	
Peso de agua	gr	2.24	3.36	4.17	6.85	
Peso del suelo seco	gr	33.80	35.13	33.11	43.39	
Contenido de agua	%	6.62	9.57	12.62	15.79	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.862	1.895	1.892	1.825	

<b>OCH Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>10.92</b>
<b>MDS Máxima Densidad Seca (gr/m3)</b>	<b>1.900</b>





**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN  
LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA  
MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO) (MTC  
E 115)**

Version: 01  
Fecha: 26/01/2023  
Página: 1/1

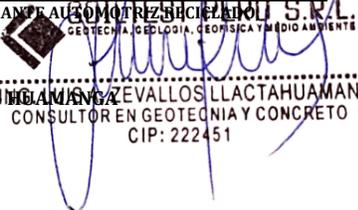
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE ALICOMOTRIZBICIPLAN S.R.L. AYACUCHO-2024"

Código :- Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA

Trazabilidad :- Lugar : HUAMANGA

Solicitante : SANDER RUBEN ASEÑO DAVILA Exploración : C-3 / M-3

Fecha : ABRIL DEL 2024 Estrato/Nivel : E - 02

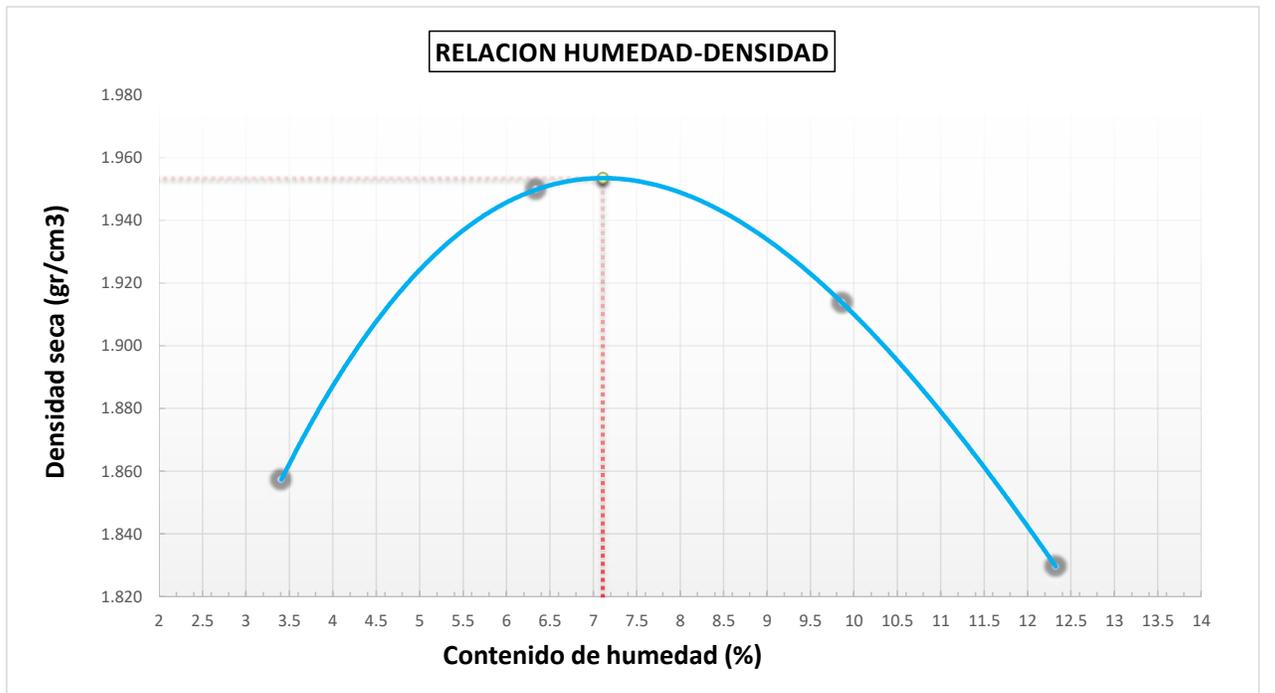
  
**ING. ANDY ZEVALLOS LLACTAHUAMAN**  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

**DATOS DEL ENSAYO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD**

Numero de Ensayo		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr	3623.0	3765.0	3792.0	3748.0
Peso molde	gr	1838.0	1838.0	1838.0	1838.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1785.0	1927.0	1954.0	1910.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	929.37	929.37	929.37	929.37
Peso volumétrico húmedo	gr	1.92	2.07	2.10	2.06
Recipiente N°		84	65	31	54
Peso del suelo húmedo+tara	gr	67.66	53.01	61.70	70.96
Peso del suelo seco + tara	gr	66.13	51.11	58.11	65.45
Tara	gr	21.24	21.15	21.78	20.72
Peso de agua	gr	1.53	1.90	3.59	5.52
Peso del suelo seco	gr	44.89	29.97	36.33	44.73
Contenido de agua	%	3.41	6.34	9.87	12.32
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.857	1.950	1.914	1.830

<b>OCH Optimo Contenido de Humedad (%)</b>	<b>7.11</b>
<b>MDS Máxima Densidad Seca (gr/m3)</b>	<b>1.953</b>





**SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA**

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLÓGIA, GEOFÍSICA Y MEDIO AMBIENTE

Version :  
ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO

Fecha : 04/04/2024 51

Página : 1/2

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : -  
Trazabilidad : -  
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
Fecha : ABRIL DEL 2024

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Lugar : HUAMANGA  
Exploración : C-3 / M-1  
Estrato/Nivel : E - 02

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	103		101		100	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,818	12,942	13,030	13,277	12,523	12,803
Peso molde (gr.)	8,421		8,424		8,339	
Peso suelo compactado (gr.)	4,397	4,521	4,606	4,853	4,184	4,464
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,113.4		2,273.2		2,125.8	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.081	2.139	2.026	2.135	1.968	2.100
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.871	1.879	1.822	1.827	1.770	1.776

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	22.7	18.5	22.7	22.4	22.7	19.3
Tara + suelo húmedo (gr.)	70.5	67.6	70.5	70.5	70.5	65.3
Tara + suelo seco (gr.)	65.7	61.6	65.7	63.6	65.7	58.2
Peso de agua (gr.)	4.8	6.0	4.8	6.9	4.8	7.1
Peso de suelo seco (gr.)	43.0	43.2	43.0	41.2	43.0	38.8
Humedad (%)	11.2	13.8	11.2	16.8	11.2	18.2

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
7	11:45	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
8	11:45	24	1.0	0.03	0.22	2.5	0.06	0.54	3.0	0.08	0.65
9	11:45	48	2.0	0.05	0.44	3.5	0.09	0.76	5.0	0.13	1.09
10	11:45	72	3.0	0.08	0.67	4.5	0.11	0.97	6.0	0.15	1.31
11	11:45	96	4.0	0.10	0.89	6.0	0.15	1.30	7.0	0.18	1.53

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 103				Molde N° 101				Molde N° 100			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		17.64	0.9			20.99	1.1			19.20	1.0		
0.050		89.60	4.6			68.00	3.5			42.72	2.2		
0.075		157.22	8.1			110.50	5.7			67.20	3.5		
0.100	70.360	219.52	11.4	12.0	17.1	153.00	7.9	8.0	11.4	96.00	5.0	5.0	7.1
0.125		274.54	14.2			221.00	11.4			124.80	6.5		
0.150		329.56	17.1			272.00	14.1			156.00	8.1		
0.200	105.541	415.52	21.5	21.5	20.4	340.00	17.6	18.0	17.1	187.20	9.7	10.0	9.5
0.300		468.30	24.2			406.98	21.1			220.80	11.4		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* \* Se observa que la muestra no es expansiva

---



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Versión :

Fecha :

Página : 2/2

SOILTEST PERU S.R.L.  
 GERENCIA DE INGENIERIA GEOTECNICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS AZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

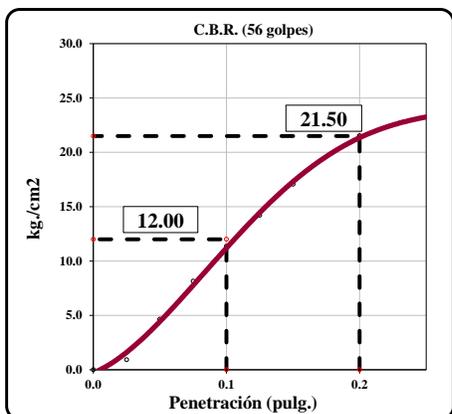
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : - Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
 Trazabilidad : - Lugar : HUAMANGA  
 Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA Exploración : C-3 / M-1  
 Fecha : ABRIL DEL 2024 Estrato/Nivel : E - 02

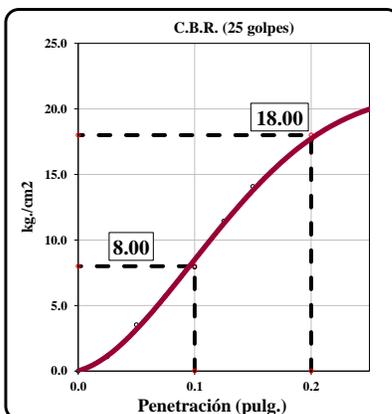
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883**

**Datos de muestra**

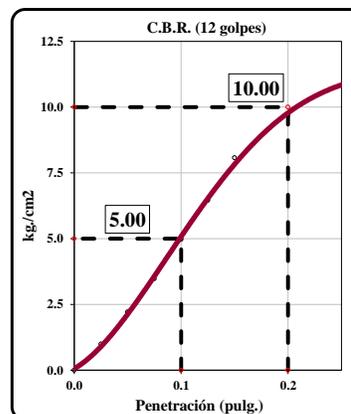
Máx. Densidad Seca : 1.879 O.C.H. : 11.2 %  
 Máx. Densidad Seca al 95% : 1.785



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 17.1 %

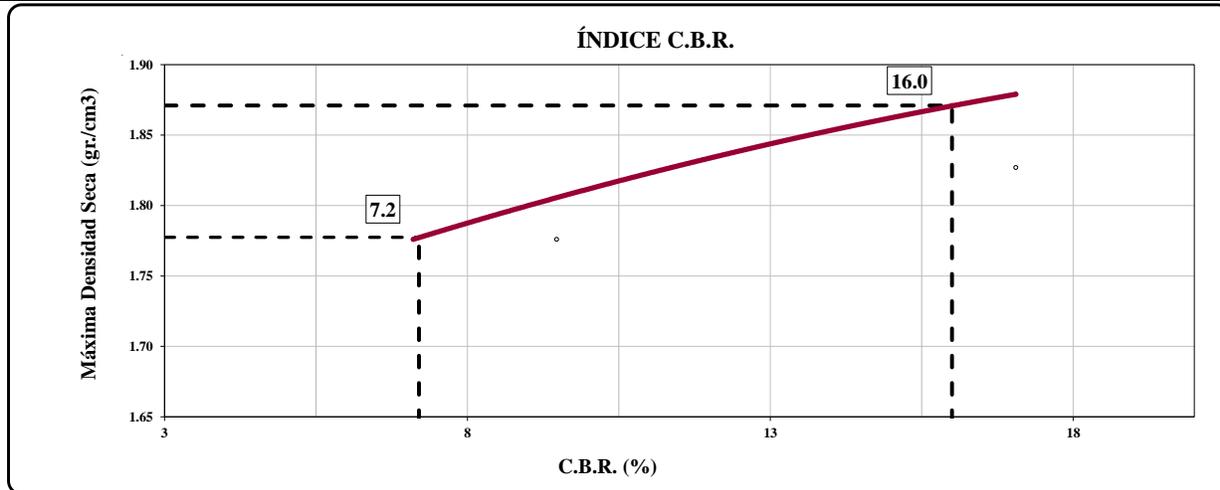


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 11.4 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 7.1 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1 16.0 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1 7.2 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* ...



**SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA**

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMISICA Y MEDIO AMBIENTE

ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

Fecha: 30/01/2023

Página: 1/2

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : -  
Trazabilidad : -  
Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
Fecha : ABRIL DEL 2024

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
Lugar : HUAMANGA  
Exploración : C-3 / M-2  
Estrato/Nivel : E - 02

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	101		103		98	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,215	13,360	12,676	12,824	12,231	12,507
Peso molde (gr.)	8,424		8,421		8,066	
Peso suelo compactado (gr.)	4,791	4,936	4,255	4,403	4,165	4,441
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,273.2		2,113.4		2,115.5	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.107	2.172	2.013	2.083	1.969	2.099
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.900	1.913	1.815	1.802	1.775	1.781

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso de tara (gr.)	17.6	17.5	17.6	20.8	17.6	20.1
Tara + suelo húmedo (gr.)	71.0	70.8	71.0	71.5	71.0	66.2
Tara + suelo seco (gr.)	65.8	64.5	65.8	64.6	65.8	59.2
Peso de agua (gr.)	5.3	6.4	5.3	6.8	5.3	7.0
Peso de suelo seco (gr.)	48.1	47.0	48.1	43.8	48.1	39.1
Humedad (%)	10.9	13.5	10.9	15.6	10.9	17.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
14	11:45	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
15	11:45	24	1.0	0.03	0.22	2.5	0.06	0.55	3.0	0.08	0.66
16	11:45	48	2.0	0.05	0.43	3.5	0.09	0.78	5.0	0.13	1.09
17	11:45	72	3.0	0.08	0.65	4.5	0.11	1.00	6.0	0.15	1.31
18	11:45	96	4.0	0.10	0.87	6.0	0.15	1.33	7.0	0.18	1.53

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 101				Molde N° 103				Molde N° 98			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		60.00	3.1			20.99	1.1			28.00	1.4		
0.050		96.00	5.0			68.00	3.5			62.30	3.2		
0.075		168.45	8.7			110.50	5.7			98.00	5.1		
0.100	70.360	235.20	12.2	13.0	18.5	153.00	7.9	7.7	10.9	140.00	7.2	7.0	9.9
0.125		294.15	15.2			221.00	11.4			224.00	11.6		
0.150		353.10	18.3			272.00	14.1			280.00	14.5		
0.200	105.541	445.20	23.0	23.0	21.8	340.00	17.6	13.0	12.3	448.00	23.2	11.2	10.6
0.300		501.75	26.0			406.98	21.1			630.00	32.6		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* \* Se observa que la muestra no es expansiva



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Versión : 1

Fecha : 02/02/2024

Página : 2/2

**SOILTEST PERÚ S.R.L.**  
INGENIERÍA GEOTÉCNICA, GEOLÓGICA, GEOMÉTRICA Y MEDIO AMBIENTE  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

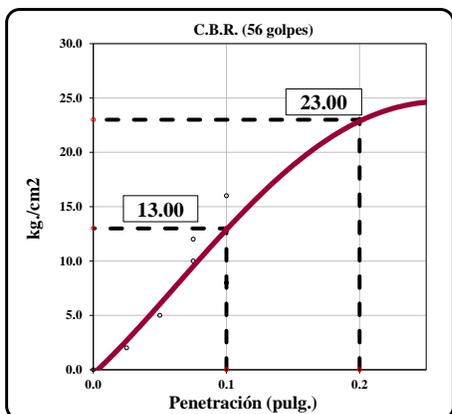
Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código	: -	Ubicación	: AYACUCHO - HUAMANGA
Trazabilidad	: -	Lugar	: HUAMANGA
Solicitante	: SANDER RUBEN ASENJO DAVILA	Exploración	: C-3 / M-2
Fecha	: ABRIL DEL 2024	Estrato/Nivel	: E - 02

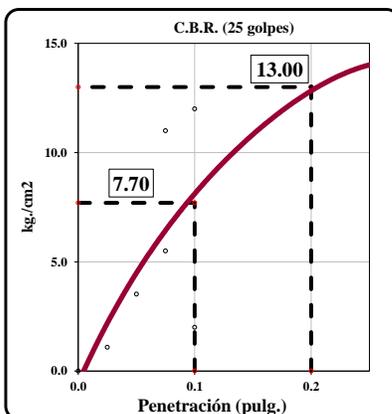
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

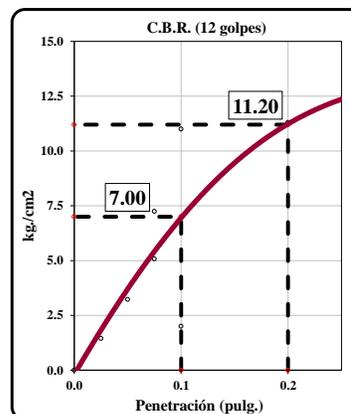
Máx. Densidad Seca	:	1.913	O.C.H.	:	10.9 %
Máx. Densidad Seca al 95%	:	1.817			



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 18.5 %

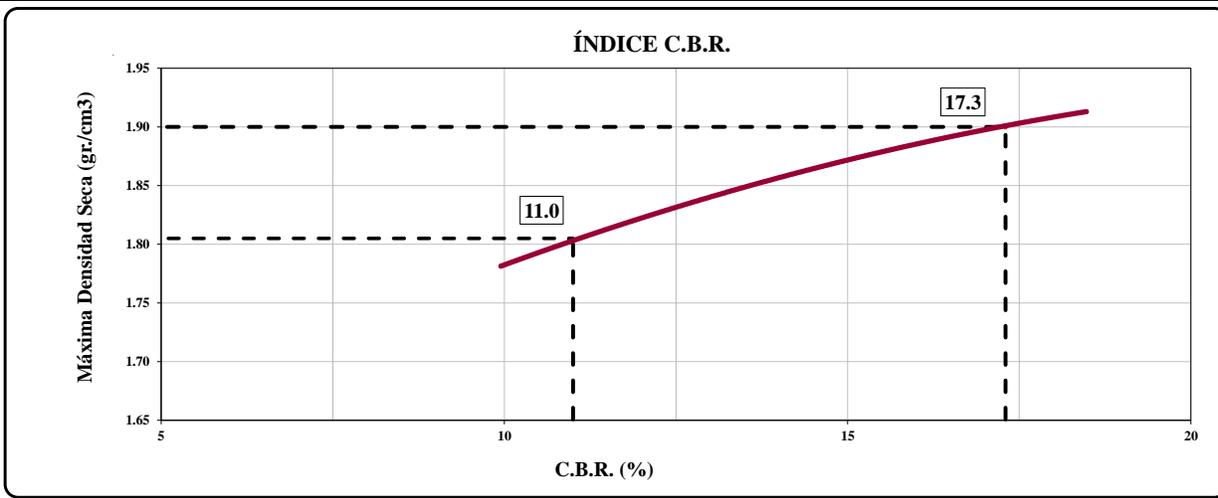


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 10.9 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 9.9 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	17.3 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":	11.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* ...



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

Version: 01  
**SOILTEST PERÚ S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOMISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 Fecha: 30/01/2024  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMA  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451  
 Página: 1/2

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : -  
 Trazabilidad : -  
 Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
 Fecha : ABRIL DEL 2024

Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
 Lugar : HUAMANGA  
 Exploración : C-3 / M-3  
 Estrato/Nivel : E - 02

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

Molde N°	97		96		102	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,220	12,471	12,398	12,726	12,389	12,810
Peso molde (gr.)	7,775		8,219		8,352	
Peso suelo compactado (gr.)	4,445	4,696	4,179	4,507	4,037	4,458
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,124.9		2,114.4		2,106.9	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.092	2.210	1.976	2.132	1.916	2.116
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.953	1.961	1.845	1.856	1.789	1.798

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

	97	96	96	102	102
Peso de tara (gr.)	18.0	22.9	18.0	22.4	18.0
Tara + suelo húmedo (gr.)	65.1	70.2	65.1	65.3	65.1
Tara + suelo seco (gr.)	62.0	64.8	62.0	59.7	62.0
Peso de agua (gr.)	3.1	5.3	3.1	5.5	3.1
Peso de suelo seco (gr.)	44.0	42.0	44.0	37.4	44.0
Humedad (%)	7.1	12.7	7.1	14.8	7.1

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22	11:45	0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
23	11:45	24	1.0	0.03	0.22	2.5	0.06	0.55	3.0	0.08	0.66
24	11:45	48	2.0	0.05	0.44	3.5	0.09	0.76	5.0	0.13	1.10
25	11:45	72	3.0	0.08	0.65	4.5	0.11	0.98	6.0	0.15	1.32
26	11:45	96	4.0	0.10	0.87	6.0	0.15	1.31	7.0	0.18	1.54

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 97				Molde N° 96				Molde N° 102			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		25.20	1.3			23.46	1.2			25.00	1.3		
0.050		128.00	6.6			76.00	3.9			55.00	2.8		
0.075		224.60	11.6			123.50	6.4			85.00	4.4		
0.100	70.360	313.60	16.2	16.0	22.7	171.00	8.9	9.0	12.8	115.00	6.0	6.0	8.5
0.125		392.20	20.3			247.00	12.8			140.00	7.2		
0.150		470.80	24.4			304.00	15.7			160.00	8.3		
0.200	105.541	593.60	30.7	31.0	29.4	380.00	19.7	20.0	19.0	205.00	10.6	10.5	9.9
0.300		669.00	34.6			454.86	23.5			240.00	12.4		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* \* Se observa que la muestra no es expansiva



SOILTEST PERÚ LA CALIDAD, NUESTRA EXCELENCIA

Versión : 1  
 Fecha : 30/01/2023  
 Página : 2/2

**C.B.R. DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON FIBRAS DE PSEUDOTALLO DEL PLÁTANO Y LUBRICANTE AUTOMOTRIZ RECICLADO, AYACUCHO-2024"

Código : -  
 Trazabilidad : -  
 Solicitante : SANDER RUBEN ASENJO DAVILA  
 Fecha : ABRIL DEL 2024

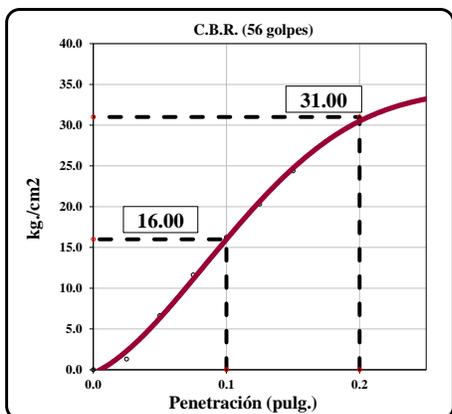
Ubicación : AYACUCHO - HUAMANGA  
 Lugar : HUAMANGA  
 Exploración : C-3 / M-3  
 Estrato/Nivel : E - 02

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 G. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

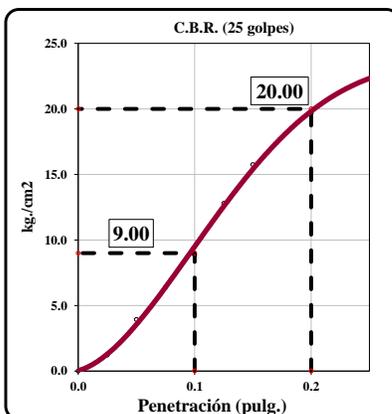
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

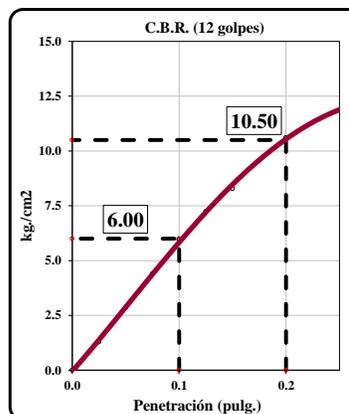
Máx. Densidad Seca : 1.961 O.C.H. : 7.1 %  
 Máx. Densidad Seca al 95% : 1.863



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 22.7 %

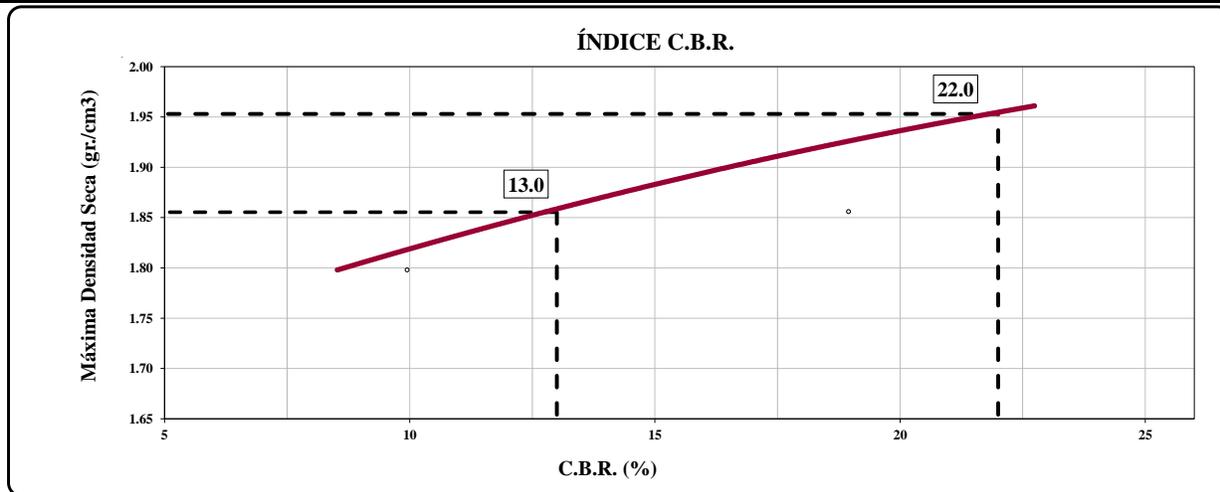


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 12.8 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 8.5 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	22.0 %
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":	13.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.
- \* ...

# **ANEXO 5**

**Reporte de similitud en software Turnitin**



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Estabilización de suelos arcillosos con fibras de pseudotallo del plátano y lubricante automotriz reciclado, Ayacucho-2024"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Licenciado en Ingeniería Civil

AUTORES:

Asenjo Davila, Sander Ruben (<https://orcid.org/0000-0002-7627-2139>)  
Bravo Guevara, Hassan Uziel Keith (<https://orcid.org/0000-0002-2455-0117>)

ASESOR:

Mg. Ing. Quesada Llanto, Julio Crhistian (<https://orcid.org/0000-0003-4366-4926>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

Resumen de coincidencias

14 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6 %
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
6	baixardoc.com Fuente de Internet	<1 %
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
10	repositorioacademico... Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

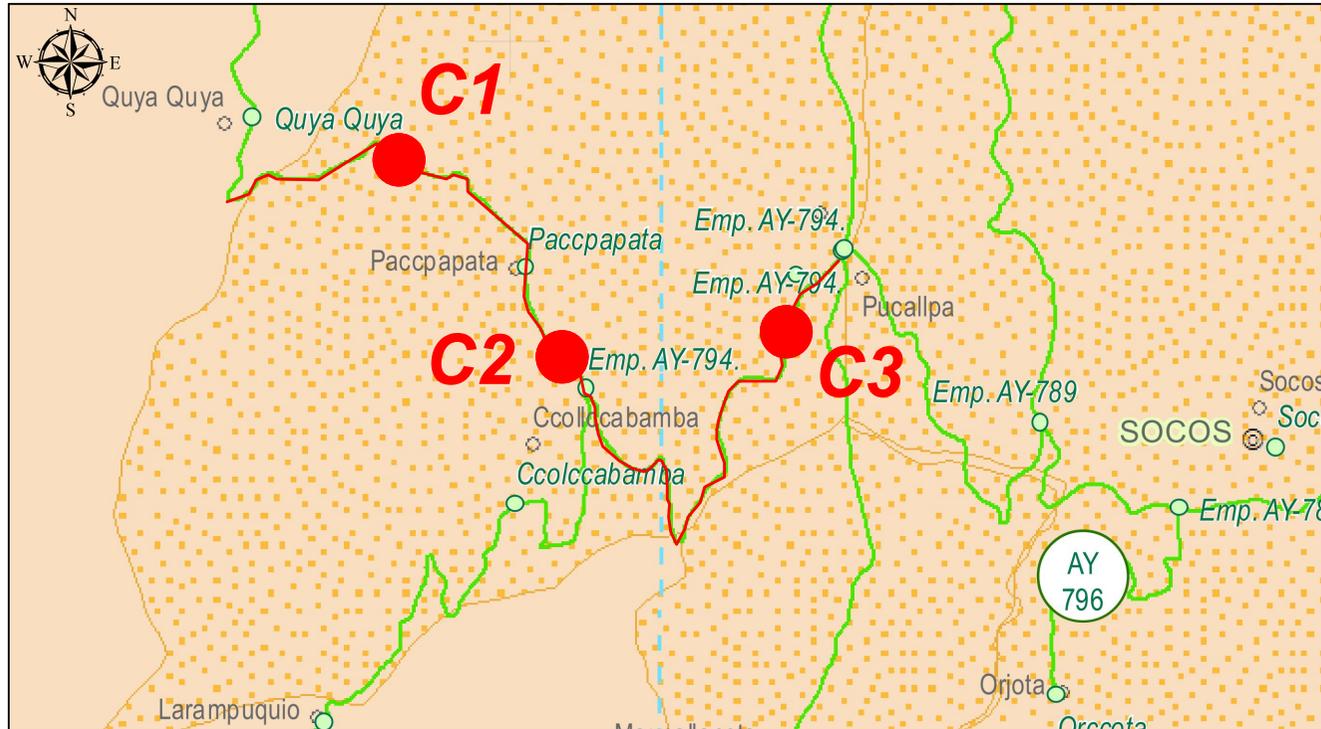
# **ANEXO 6**

**Planos de Ubicación**



# DETALLE PD-01

LEYENDA	
● IRN Trayectoria	✈ Aeropuertos
○ IRN Trayectoria	✈ Aeropuertos
● IRN (Km 5)	✈ Aeropuertos
● IRN (Km 5)	✈ Aeropuertos
<b>Red Vial Nacional</b>	
<b>Superficie, Vía</b>	
— Asfaltado, Autopista	— Asfaltado, Doble Vía
— Asfaltado, Una Vía	— Pav. Rígido, Doble Vía
— Pav. Rígido, Una Vía	— Pav. Básico, Una Vía
— Pav. Básico, Una Vía	— Alfirmado, Autopista
— Alfirmado, Doble Vía	— Alfirmado, Una Vía
— Sin Alfirmar, Una Vía	— Sin Alfirmar, Una Vía
— Emboquillado, Una Vía	— Emboquillado, Una Vía
— Trocha, Autopista	— Trocha, Una Vía
— Base, Autopista	— Base, Una Vía
— Sub Base, Autopista	— Sub Base, Una Vía
— Proyecto, Autopista	— Proyecto, Una Vía
<b>Red Vial Departamental</b>	
<b>Superficie Rodadura</b>	
— Pavimento Asfáltico	— Pavimento de Concreto
— Alfirmado	— Sin Alfirmar
— Trocha Carrocizable	— Proyecto
<b>Red Vial Vecinal</b>	
— Red Vial Vecinal	— Puentes
— Puentes	— Puentes
— Puentes (IRN)	— Puentes (IRN)
— Puentes (IRN)	— Puentes (IRN)
<b>Ferrocarriles</b>	
<b>Tipo, Ferrocarril</b>	
— Privado, F. Carga - Condesotcha	— Privado, F. Santa Clara - Cuzco
— Privado, F. Southern Peru	— C. Departamental
— Público, F. Central	— C. Provincial
— Público, F. Huancayo - Huancavelica	— C. Distal
— Público, F. Sur Oriente	— C. Insular
— Público, F. Tacna - Areca	— Res. Principales
— Público, F. del Sur	— Res. Secundarias
— Público, Metro de Lima - Línea 1	— Lagos, Lagunas
— Estaciones Ferroviarias	— Volcanes
— Puentes Ferroviarios	● CALICATAS DE ESTUDIO



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
 Dirección General de Caminos y Ferrocarriles  
 Dirección de Caminos  
 E.T. Mapas Viales  
 LIMA - PERU  
 2017

Ministerio de Transportes y Comunicaciones Viceministerio de Transportes	<b>HOJA VIAL</b>	SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS	SINAC	CLASIFICADOR DE RUTAS (D.S. N° 011-2016-MTC)	Dirección General de Caminos y Ferrocarriles Dirección de Caminos K.W.G.N.
		<b>MAPA VIAL DEL DISTRITO DE SOCOS</b> PROVINCIA DE HUAMANGA DEPARTAMENTO DE AYACUCHO			

# **ANEXO 7**

**Certificados de Calibración de los equipos de  
Laboratorio**

# SISTEMACERTS

Quality Sistema Certifications

## MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

THIS IS TO CERTIFY THAT THE MANAGEMENT SYSTEM OF THE

Concedido a / Awarded to

**SOILTEST PERU S.R.L.**

DIRECTION:MZA. T2 LOTE. 4 COVADONGA (3 CDAS ANTES DEL TERMINAL TERRESTRE)  
AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO  
PERÚ

Qscert Perú certifies that the management system has been audited  
and found to conform to the requirements of the standard:

**NORMA/STANDARD**

## ISO 9001:2015

### QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

THIS CERTIFICATE IS VALID FOR THE FOLLOWING SERVICES

CONSTRUCTION, RECONSTRUCTION, REMODELING, REHABILITATION, INSTALLATION, REPAIR, MAINTENANCE, IMPROVEMENT, EXPANSION, CONDITIONING OF WORKS: ROAD INFRASTRUCTURE WORKS, BRIDGES, HIGHWAYS, NEIGHBORHOOD AND/OR DEPARTMENTAL ROADS, HIGHWAYS, VEHICULAR AND/OR PEDESTRIAN PASSAGE, SIDEWALK, PAVING IN COLD AND/OR HOT ASPHALT, DAMS AND/OR DAM WORKS, RETAINING WALLS, HYDRAULIC INFRASTRUCTURE WORKS, RIVERSIDE DEFENSES, CLEARING, CHANNELING, INTAKES, CHANNELS, IRRIGATION SYSTEMS, RAIN DRAINAGE SYSTEM, RESERVOIRS, SANITATION SYSTEM, UBS, SEWAGE SYSTEM, WATER SYSTEM, RAISED AND/OR SUPPORTED TANKS, BUILDING WORKS, INFRASTRUCTURE FOR EDUCATIONAL CENTERS, INFRASTRUCTURE FOR HEALTH CENTERS AND/OR HOSPITALS, MUNICIPAL PALACE, AMPHITHEATER, SPORTS SLABS, PARKS, PLACES OF ARMS, URBAN FITTINGS, INSTALLATION OF ELECTRICAL SYSTEMS, STUDY OF SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICS, GEOPHYSICAL STUDIES A, ENVIRONMENT DEVELOPMENT OF TECHNICAL FILES, CONSULTANT AND EXECUTOR OF CIVIL WORKS IN GENERAL. PROVIDER OF GOODS AND SERVICES IN: RENTAL AND CONSTRUCTION EQUIPMENT.

CERTIFICATE NUMBER: SISTEMA/1022/PER-OEQ1215

INITIAL CERTIFICATION DATE FROM 21 OCTOBER 2022 TO 21 SEPTEMBER 2025.

1st Follow-up Audit is 21 September 2023.

2nd Follow-up Audit is 21 September 2024.

VERIFY THE CERTIFICATE BY ENTERING THE CERTIFICATE NUMBER

[WWW.SISTEMACERTS-VERIFICATION.COM](http://WWW.SISTEMACERTS-VERIFICATION.COM)

DIRECTOR DE CERTIFICACIÓN:



*Paul Krishna*  
Managing Director  
APROBADO POR



The Organization's documentation and implementation has been reviewed and found to comply with the relevant standards rules. This certificate of registration is based on the evaluation of the mentioned scope and also responsible for maintaining the Responsibilities of the relevant standard rules. If any changes in the activities of the company, this certificate invalid. The validity of the certificate is subject to successfully completion of surveillance audit on before due dates and its only valid After successful surveillance with continuation letter issued by us. QUALITY SISTEMA Certifications And Inspections Pvt Ltd  
Copr. Off: H, 55-1914, Sector - h, LDA Colony, Kanpur Road, Lucknow-226012

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0103-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0432		
2. Solicitante	SOILTEST PERU S.R.L.		
3. Dirección	MZA. T2 LOTE. 4 COVADONGA (3 CDAS ANTES DEL TERMINAL TERRESTRE) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO		
4. Instrumento calibrado	MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA CBR)		
Marca	PERUTEST		
Modelo	PT-CBR		
N° de serie	1120		
Identificación	NO INDICA		
Procedencia	PERÚ		
Intervalo de indicación	0 kgf a 5000 kgf		
Resolución	0,1 kgf		
Clase de exactitud	NO INDICA		
Modo de fuerza	Compresión		
Indicador Digital			
Marca	NO INDICA	Serie	NO INDICA
Modelo	NO INDICA	Resolución	0,1 kgf
Transductor de Presión			
Marca	MAVIN	Serie	hE9802033
Modelo	N54-5T		
5. Fecha de calibración	2024-06-09		

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-06-12



Firmado digitalmente por:  
ASTETE SORIANO LUCIO FIR  
42817545 hard  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 12/08/2024 12:58:13-0500



Jefe de Laboratorio



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0103-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

#### 6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

#### 7. Lugar de calibración

Instalaciones de SOILTEST PERU S.R.L. ubicado en Mza. T2 Lt. 4 Covadonga Ayacucho - Huamanga - Ayacucho

#### 8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	17,7 °C	18,5 °C
Humedad relativa	32 %	31 %

#### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 10 t con una incertidumbre de 44 kg	INF-LE N° 070-24 A

#### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para maquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0103-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso		
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
10	500,0	498,3	497,7	497,5	--	--	497,8	2,2
20	1000,0	998,0	996,4	996,4	--	--	996,9	3,1
30	1500,0	1494,9	1494,1	1494,4	--	--	1494,4	5,6
40	2000,0	1993,0	1992,1	1991,2	--	--	1992,1	7,9
50	2500,0	2493,1	2492,9	2491,5	--	--	2492,5	7,5
60	3000,0	2995,5	2995,0	2994,1	--	--	2994,9	5,1
70	3500,0	3498,6	3497,6	3496,5	--	--	3497,6	2,4
80	4000,0	4000,6	4000,0	3999,2	--	--	3999,9	0,1
90	4500,0	4503,3	4503,1	4502,1	--	--	4502,9	-2,9
100	5000,0	5006,5	5005,6	5004,3	--	--	5005,5	-5,5

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q	b	v	a	%	
%	kgf	%	%	%	%	%	%
10	500	0,43	0,16	--	0,02	--	1,18
20	1000	0,31	0,16	--	0,01	--	0,84
30	1500	0,37	0,05	--	0,01	--	0,75
40	2000	0,40	0,09	--	0,01	--	0,72
50	2500	0,30	0,06	--	0,00	--	0,71
60	3000	0,17	0,05	--	0,00	--	0,70
70	3500	0,07	0,06	--	0,00	--	0,69
80	4000	0,00	0,03	--	0,00	--	0,69
90	4500	-0,06	0,03	--	0,00	--	0,69
100	5000	-0,11	0,04	--	0,00	--	0,68

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q	b	v	a	%
%	%	%	%	%	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f<sub>0</sub>) 0,00 %



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0103-2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

#### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 086 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	1583-2024
2. Solicitante	SOILTEST PERU S.R.L.
3. Dirección	MZA. T2 LOTE. 4 COVADONGA (3 CDAS ANTES DEL TERMINAL TERRESTRE) AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R21PE30ZH
Número de Serie	8354770536
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2024-04-10

Fecha de Emisión

2024-04-10

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 086 - 2024

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIIH" del SNM- INACAL

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones de PERUTEST SAC.

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.4 °C
Humedad Relativa	64%	64%

### 9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	JUEGO DE PESAS 10 kg (Clase de Exactitud: M1)	0933-MPES-C-2023
PESATEC	JUEGO DE PESAS 20 kg (Clase de Exactitud: M1)	0944-MPES-C-2023
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-002-23
ELICROM	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	CCP-1029-001-23
LO JUSTO	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	ED17-L-035C-2024-1

### 10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (\*\*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 086 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

### 11. Resultados de Medición

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.4 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	14,999	200	-700	30,001	700	800
2	15,000	600	-100	30,000	500	0
3	15,000	400	100	30,000	500	0
4	15,000	600	-100	30,000	500	0
5	15,000	500	0	30,000	500	0
6	15,000	500	0	30,000	700	-200
7	15,000	500	0	30,000	500	0
8	15,001	800	700	30,000	600	-100
9	15,001	900	600	30,000	500	0
10	15,001	800	700	30,000	600	-100
Diferencia Máxima		1,400		Diferencia Máxima		1,000
Error Máximo Permissible		± 3,000		Error Máximo Permissible		± 3,000

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	20.4 °C	20.4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	10 g	10	500	0	10,000	10,000	500	0	0
2		10	600	-100		10,001	800	700	800
3		9	200	-700		10,000	600	-100	600
4		10	400	100		10,000	600	-100	-200
5		10	600	-100		10,000	500	0	100
						Error máximo permisible			± 3,000

\* Valor entre 0 y 10e



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 086 - 2024

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	20.4 °C	20.4 °C

Carga L ( g )	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
10	10	500	0						
20	20	400	100	100	20	500	0	0	1,000
100	100	500	0	0	100	500	0	0	1,000
500	500	400	100	100	500	400	100	100	2,000
1,000	1,000	500	0	0	1,000	500	0	0	2,000
5,000	5,000	400	100	100	5,000	400	100	100	3,000
10,000	10,000	600	-100	-100	10,000	500	0	0	3,000
15,000	15,000	500	0	0	15,000	500	0	0	3,000
20,000	20,000	600	-100	-100	19,999	200	-700	-700	3,000
25,000	25,000	500	0	0	24,999	200	-700	-700	3,000
30,000	30,000	500	0	0	29,999	300	-800	-800	3,000

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.4106667 \text{ g}^2 + 0.00000000071 \text{ R}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000019 R$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



# **ANEXO 8**

**Panel Fotográfico**

**1. Panel fotográfico respecto a la obtención de las fibras de pseudotallo del plátano (FP).**



*Imagen 1.1: Corte del pseudotallo del plátano.*



*Imagen 1.1: Eliminación de las hojas en mal estado.*



*Imagen 1.3: Corte del pseudotallo para su transporte.*



*Imagen 1.4: Lavado de las piezas extraídas del pseudotallo.*



*Imagen 1.5: Extracción de las fibras del pseudotallo.*



*Imagen 1.6: Fibras de pseudotallo del plátano.*

**1. Panel fotográfico respecto a la obtención de las fibras de pseudotallo del plátano (FP).**



**Imagen 1.7: Secado por 15 días las FP en un ambiente cerrado.**



**Imagen 1.8: Corte de las FP a un tamaño 3.5 cm aprox.**

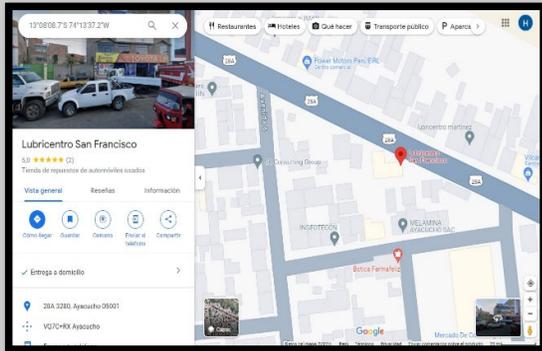


**Imagen 1.9: FP con un tamaño 3.5 cm aprox.**



**Imagen 1.10: Guardado de las FP en bolsas hermeticas.**

## 2. Panel fotográfico respecto a la obtención del lubricante automotriz reciclado (LAR).



**Imagen 2.1: Ubicación de la obtención del LAR.**

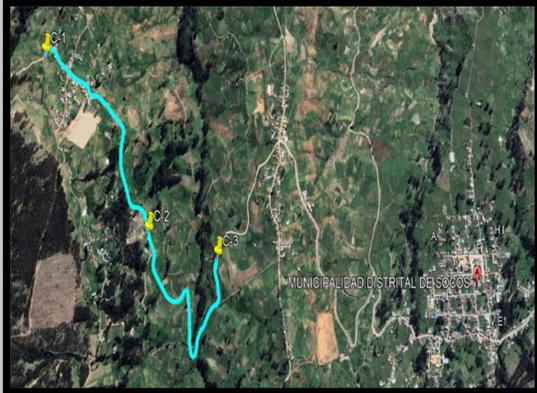


**Imagen 2.2: Control del peso de la muestra extraída de LAR.**



**Imagen 2.3: Conservación de LAR en un recipiente plástico.**

### 3. Panel fotográfico respecto a la obtención de las muestras de suelo. C-1, C-2 y C-3.



**Imagen 3.1: Zona de exploración de suelos.**



**Imagen 3.3: Extración de la muestra de suelo C-1.**



**Imagen 3.3: Extración de la muestra de suelo C-2**



**Imagen 3.4: Extración de la muestra de suelo C-3**



**Imagen 3.5: Transporte de las muestras al laboratorio.**



**Imagen 3.6: Transporte de Las muestras en bolsas hermeticas.**

**4. Panel fotográfico respecto a los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la calicata C-1**



**Imagen 4.1: Granulometría de la muestra (C-1)**



**Imagen 4.4: Ensayo para la determinación del CH (C-1)**



**Imagen 4.3: Ensayos de los límites de consistencia (C-1)**



**Imagen 4.4: Proctor Modificado de la muestra (C-1)**



**Imagen 4.5: Ensayo de CBR, preparación de la muestra (C-1)**



**Imagen 4.6: : Ensayo de CBR, penetración (C-1)**

**5. Panel fotográfico respecto a los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la calicata C-2**



**Imagen 5.1: Granulometría de la muestra (C-2)**



**Imagen 4.5: Ensayo para la determinación del CH (C-2)**



**Imagen 5.3: Ensayos de los limites de consistencia (C-2)**



**Imagen 5.4: Proctor Modificado de la muestra (C-2)**



**Imagen 5.5: Ensayo de CBR, preparación de la muestra (C-2)**



**Imagen 5.6: Ensayo de CBR, penetración (C-2)**

**6. Panel fotográfico respecto a los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la calicata C-3**



**Imagen 7.1: Granulometria de la muestra (C-3)**



**Imagen 7.6: Ensayo para la determinación del CH (C-3)**



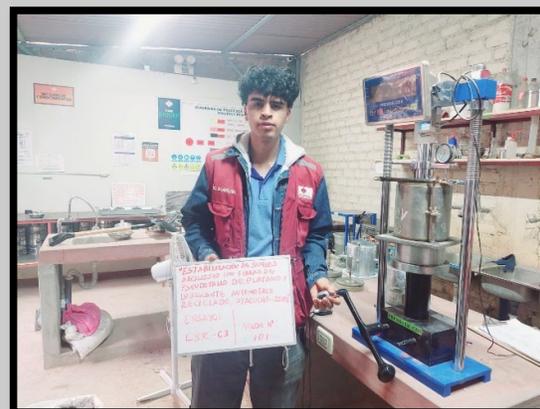
**Imagen 7.3: Ensayos de los limites de consistencia (C-3)**



**Imagen 7.4: Proctor Modificado de la muestra (C-3)**



**Imagen 7.5: Ensayo de CBR, preparación de la muestra (C-3)**



**Imagen 7.6: : Ensayo de CBR, penetración (C-3)**

**7. Panel fotográfico respecto a los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas con la dosificación N° 1: Suelo Natural + M1 (0.25%FP + 6%LAR).**



**Imagen 7.1: Ensayos de los límites de consistencia (M1)**



**Imagen 7.7: Proctor Modificado, dosificación de FP y LAR (M1)**



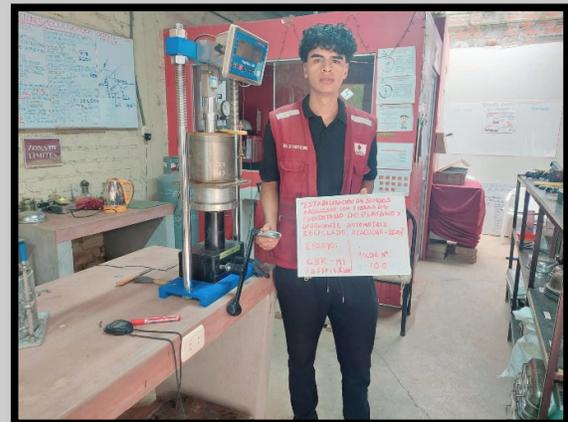
**Imagen 7.3: Proctor Modificado, Muestra (M1)**



**Imagen 7.4: CBR, dosificación de FP y LAR (M1)**



**Imagen 7.5: Ensayo de CBR, preparación de la muestra (M1)**



**Imagen 7.6: : Ensayo de CBR, penetración (M1)**

**8. Panel fotográfico respecto a los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas con la dosificación N° 2: Suelo Natural + M2 (0.50%FP + 4%LAR).**



**Imagen 8.1: Ensayos de los límites de consistencia (M2)**



**Imagen 8.8: Proctor Modificado, dosificación de FP y LAR (M2)**



**Imagen 8.3: Proctor Modificado, Muestra (M2)**



**Imagen 8.4: CBR, dosificación de FP y LAR (M2)**



**Imagen 8.5: Ensayo de CBR, preparación de la muestra (M2)**



**Imagen 8.6: Ensayo de CBR, penetración (M2)**

**9. Panel fotográfico respecto a los ensayos realizados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas con la dosificación N° 3: Suelo Natural + M3 (0.75%FP + 2%LAR).**



**Imagen 9.1: Ensayos de los limites de consistencia (M3)**



**Imagen 9.9: Proctor Modificado, dosificación de FP y LAR (M3)**



**Imagen 9.3: Proctor Modificado, Muestra (M3)**



**Imagen 9.4: CBR, dosificación de FP y LAR (M3)**



**Imagen 9.5: Ensayo de CBR, preparación de la muestra (M3)**



**Imagen 9.6: : Ensayo de CBR, penetración (M3)**