



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Influencia del uso de arena granítica y lignosulfonato de calcio en las propiedades de suelos cohesivos ruta LO-545, Loreto, 2023

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Trigoso Cavero, Carlos Igor ([orcid.org/0009-0007-0145-9613](https://orcid.org/0009-0007-0145-9613))

**ASESOR:**

Mg. Canta Honores, Jorge Luis ([orcid.org/0000-0002-9232-1359](https://orcid.org/0000-0002-9232-1359))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2024

## DEDICATORIA

**A mis padres**, por ser ejemplos de perseverancia para salir adelante, por sus consejos, valores, y por la motivación constante e incondicional apoyo que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupan por mí.

**A mi hija Dulce Ztrella de Jesús**, quien es la causa de mi felicidad y el motor que impulsa mi vida hacia el éxito; eres mi mayor tesoro y la fuente más pura de mí, a ti por ser la felicidad de mi vida, y por permitirme ser cada día mejor padre a tu lado.

## **AGRADECIMIENTO**

**Doy gracias a Dios**, por cada día en el que me permite despertar no solo con vida, sino que también me da salud, fuerzas y vigor para seguir adelante hacia el éxito en mi vida; por su infinita bondad y amor; y me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda.

**Gracias a mis padres**, por confiar y creer en mí, por desear y anhelar lo mejor para mí, por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante este tiempo; a ustedes padres que aceptan como único propósito en su vida ver el desarrollo de sus hijos hacia el éxito.

**Dulce Ztrella de Jesús**, gracias por comprender y entender los momentos sacrificados en nuestra vida como familia; a pesar de ello siempre estuviste apoyándome, dándome fuerzas para continuar y nunca juzgarme.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, CANTA HONORES JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, asesor de Tesis titulada: "Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos Ruta LO-545, Loreto, 2023.", cuyo autor es TRIGOSO CAVERO CARLOS IGOR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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.

MOYOBAMBA, 28 de Febrero del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CANTA HONORES JORGE LUIS <b>DNI:</b> 10743048 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9232-1359	Firmado electrónicamente por: JCANTAHO el 28-02- 2024 16:18:26

Código documento Trilce: TRI - 0738969



# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



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

## **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, TRIGOSO CAVERO CARLOS IGOR estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos Ruta LO-545, Loreto, 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
TRIGOSO CAVERO CARLOS IGOR <b>DNI:</b> 46737685 <b>ORCID:</b> 0009-0007-0145-9613	Firmado electrónicamente por: CTRIGOSOC el 06-03- 2024 16:06:10

Código documento Trilce: INV - 1557899



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	ii
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	16
2.1 Antecedentes.....	16
2.2 Bases teóricas .....	25
III. METODOLOGÍA .....	46
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	46
3.2 Variables y operacionalización .....	48
3.3 Población, muestra y muestreo .....	49
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	58
3.5 Procedimientos: .....	59
3.6 Método de análisis de datos:.....	71
3.7 Aspectos éticos:.....	71
IV. RESULTADOS.....	72
V. DISCUSIÓN .....	102
VI. CONCLUSIONES .....	105
VII. RECOMENDACIONES.....	108
ANEXOS.....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Literatura, justificación teórica. (Ver anexo) .....	12
Tabla 2. Detalles del proceso de tratamiento de las muestras de suelos estudiados .....	14
Tabla 3. Literatura, sostenibilidad de la tesis. (Ver anexo).....	14
Tabla 4. Composición química (% en peso) de OPC y agregado silíceo (S).....	30
Tabla 5. Características básicas y composición química de la arena granítica (GS) .....	31
Tabla 6. Diferencia de principio de compactación PROCTOR estándar y modificada. ....	34
Tabla 7. Compuestos de suelo y sus proporciones de vacíos mínimas y máximas determinadas por el método alternativo y el método estándar japonés .....	35
Tabla 8. Cotejo de resultados de compactación de la prueba supervisora estándar con la prueba supervisora modificada. ....	37
Tabla 9. Requisitos de los materiales, según rango de tamaño de partícula. (Ver anexo).....	41
Tabla 10. Requisitos de los materiales, por su composición de capas. (Ver anexo) .....	42
Tabla 11. Características geotécnicas de un suelo natural cohesivo (Ver anexo) 43	
Tabla 12. Variables de estudio en propuesta de hipótesis. (Ver anexo).....	48
Tabla 13. Ubicación de la carretera en estudio .....	50
Tabla 14. Numero de calicatas y/o pozos de prueba para exploración de suelos (Ver anexo).....	53
Tabla 15. Número de puntos de investigación (calicatas) .....	54
Tabla 16. 4.2 Numero de ensayos MR y CBR. (Ver anexo).....	54
Tabla 17. Tipo de muestras. (Ver anexo) .....	54
Tabla 18. Aplicación y limitación de los ensayos. (Ver anexo).....	54
Tabla 19. Muestra y unidad de análisis .....	57
Tabla 20. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
Tabla 21. Ensayos de laboratorio. (Ver anexo) .....	65
Tabla 22. Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos y/o muestra patrón. C-1, C-2 y C-3.....	70
Tabla 23. Resultados Máxima Densidad Seca y Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS). ....	75

Tabla 24. Resultados Máxima Densidad Seca y Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS). ....	77
Tabla 25. Resultados Máxima Densidad Seca y Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS). ....	79
Tabla 26. Resultados CBR con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	85
Tabla 27. Resultados CBR con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	87
Tabla 28. Resultados CBR con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	89
Tabla 29. Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar (Ver anexo) .....	94
Tabla 30. Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose las pruebas de normalidad (Ver anexo) .....	94
Tabla 31. Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo (Ver anexo) .....	95
Tabla 32. Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes (Ver anexo).....	95
Tabla 33. Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia (Ver anexo).....	95
Tabla 34. Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar (Ver anexo) .....	96
Tabla 35. Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose las pruebas de normalidad (Ver anexo) .....	96
Tabla 36. Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo (Ver anexo) .....	97
Tabla 37. Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes (Ver anexo).....	97
Tabla 38. Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia (Ver anexo).....	97



Tabla 39. Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar (Ver anexo) .....	98
Tabla 40. Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose las pruebas de normalidad (Ver anexo).....	98
Tabla 41. . Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo (Ver anexo) .....	99
Tabla 42. Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes (Ver anexo).....	99
Tabla 43. Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia (Ver anexo).....	99
Tabla 44. Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar (Ver anexo) .....	100
Tabla 45. Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística mostrándose las pruebas de normalidad (Ver anexo).....	100
Tabla 46. Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo (Ver anexo) .....	101
Tabla 47. Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes (Ver anexo)..	101
Tabla 48. Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia (Ver anexo) .....	101
Tabla 49. Matriz de operacionalización de variables.....	146
Tabla 50. Matriz de consistencia.....	147

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Micrografías de (a) Suelos no tratado (b) Suelo tratado con lignosulfonato (LS) .....	19
Figura 2. Efecto del lignosulfonato de calcio (CLS) sobre los límites de Atterberg y resistencia a la compresión ilimitada. ....	20
Figura 3. Monómeros de lignina primarios y unidades de lignina correspondientes (izquierda) Estructura esquemática de la lignina de la madera blanda y los tipos de aglomerantes.....	28
Figura 4. Enlaces químicos y grupos funcionales que se encuentran comúnmente en la lignina técnica.....	29
Figura 5. Imagen SEM de la arena granítica (GS) .....	32
Figura 6. Interacción del lignosulfonato de calcio (CLS) con arcilla y arena granítica (GS). ....	33
Figura 7. La comparación de las curvas de compactación entre la prueba de compactación PROCTOR estándar y modificada.....	34
Figura 8. (a) Dimensiones del molde alternativo y (b) herramientas adicionales utilizadas para realizar la prueba alternativa de densidad máxima.....	36
Figura 9. Gráfico de compactación PROCTOR modificada. ....	37
Figura 10. Valor de la relación de soporte (CBR).....	38
Figura 11. Variación de la superficie de las muestras tratadas con 0,1 a 0,5 tratadas mediante el proceso MICP con diferentes densidades en distintos tiempos de curado. Las flechas muestran las grietas 7 y 15 días después del tratamiento Naeimi et al. (2023).....	40
Figura 12. Muestra dividida con estructuras internas de poros cerrados en los límites .....	44
Figura 13. Suelo granular.....	45
Figura 14. Plano de ubicación y localización .....	51
Figura 15. Camino vial vecinal ruta LO-545.....	52
Figura 16. Camino vial vecinal ruta LO-545, caracterizado por sus suelos cohesivos.....	60
Figura 17. Camino vial vecinal ruta LO-545, reconocimiento del área en estudio.....	60
Figura 18. (a) Ejecución de calicatas y/o pozos de prueba para exploración de suelos .....	61

Figura 19. Aplicación Normativa “MTC E 101, Muestreo de suelos y rocas”.....	62
Figura 20. Recolección de muestras.....	62
Figura 21. Calicatas ejecutadas en campo.....	63
Figura 22. Aplicación Normativa MTC E 108, Método B: Cuarteo .....	64
Figura 23. Granulometría, proceso de tamizado y registro de datos para la determinación de tipo de suelo. ....	67
Figura 24. Contenido de Humedad, tara y determinación de peso húmedo.....	67
Figura 25. Limite Liquido - Plástico e Índice de Consistencia, muestras representativas.....	68
Figura 26. Ensayo para establecer la muestra seca y su registro.....	68
Figura 27. Limite Plástico, proceso de formación de hilos y masa elipsoidal, se repite hasta que aparecen fisuras.....	69
Figura 28. Combinación de 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS) para calicata C-1, C-2 y C-3.....	73
Figura 29. Compactación del espécimen con aproximadamente 25 golpes en 5 capas y pistón manual 10 libras.....	74
Figura 30. Compactación del espécimen en 5 capas aproximadamente con 25 golpes en calicata C-1, C-2 y C-3. ....	74
Figura 31. Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	76
Figura 32. Máxima Densidad Seca con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS).....	76
Figura 33. Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	78
Figura 34. Máxima Densidad Seca con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS).....	78
Figura 35. Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	80
Figura 36. Máxima Densidad Seca con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS).....	80
Figura 37. Provisión de lignosulfonato de calcio (CLS) para el desarrollo de los ensayos de laboratorio especiales.....	81

Figura 38. Combinación de 80% de Suelo Cohesivo + 20% de Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS), calicata C-1 .....	81
Figura 39. Combinación de 80% de Suelo Cohesivo + 20% de Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS), calicata C-2. ....	82
Figura 40. Combinación de 80% de Suelo Cohesivo + 20% de Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS), calicata C-2. ....	82
Figura 41. Ensamblaje del collarín con el disco espaciador calicata C-1 y C-2....	83
Figura 42. Procedimiento de penetración calicata C-1 y C-2 .....	84
Figura 43. Procedimiento de penetración calicata C-3.....	84
Figura 44. CBR al 95% con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	86
Figura 45. CBR al 95% con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	88
Figura 46. CBR al 95% con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS) .....	90

## RESUMEN

Los suelos cohesivos están ampliamente distribuidos en todo el mundo, lo que provoca daños e inestabilidad en las vías. Por lo expuesto; el interés científico por la investigación para mejorar las propiedades de suelos cohesivos; a través de nuevos aditivos estabilizadores no tradicionales de origen ecológicos y económicos. La investigación tiene por objetivo demostrar como el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos. Para ello la investigación es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Presentando una población los tramos más desfavorables o críticos de la vía con presencia de suelos cohesivos; a través de excavaciones (Calicatas).

Para una muestra patrón se determinó un CBR al 95% de la MDS de 4.72%. De otro lado, para un 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 2% de lignosulfonato de calcio (CLS), se obtuvo un CBR al 95% de la MDS de 11.13% con una mejora significativa del 57%. Asimismo, con la misma combinación con la incorporación de 4% y 6% de lignosulfonato de calcio (CLS) se mantiene los registros de mejora respecto a las muestras patrón y control con valores de 11.89% y 10.96% de CBR al 95% de la MDS respectivamente. En conclusión, se puede indicar que se obtiene un CBR al 95 % de la MDS optimo con la incorporación de 4% de lignosulfonato de calcio (CLS). En síntesis, se aprecia que la incorporación de lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el incremento de los valores del CBR al 95% de la MDS.

**Palabras clave:** Arena granítica, lignosulfonato de calcio, estabilización, suelos cohesivos.

## ABSTRACT

Cohesive soils are widely distributed around the world, causing road damage and instability. For the exposed; scientific interest in research to improve the properties of cohesive soils; through new non-traditional stabilizing additives of ecological and economical origin. The objective of the research is to demonstrate how the use of granitic sand (GS) and calcium lignosulfonate (CLS) influences the physical and mechanical properties of cohesive soils. For this, the research is of an applied type and quasi-experimental design. A population presenting the most unfavorable or critical sections of the road with the presence of cohesive soils; through excavations (Calicatas).

For a standard sample, a CBR at 95% of the MDS of 4.72% was determined. On the other hand, for 80% cohesive soil and 20% granitic sand (GS) with the incorporation of 2% calcium lignosulfonate (CLS), a CBR was obtained at 95% of the MDS of 11.13% with an improvement significant 57%. Likewise, with the same combination with the incorporation of 4% and 6% of calcium lignosulfonate (CLS), the improvement records are maintained with respect to the standard and control samples with values of 11.89% and 10.96% of CBR at 95% of the MDS respectively. In conclusion, it can be indicated that an optimal CBR at 95% of the MDS is obtained with the incorporation of 4% calcium lignosulfonate (CLS). In summary, it can be seen that the incorporation of calcium lignosulfonate (CLS) influences the increase in the CBR values to 95% of the MDS.

**Keywords:** Granitic sand, calcium lignosulfonate, stabilization, cohesive soils.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El problema asociado con la deficiencia en la calidad de suelos es una restricción que se presenta en diversos contextos a nivel internacional. Tal es el caso, que en los territorios del sur y norte de Arabia Saudita se presenta una deficiente calidad de suelos, así como a lo largo del litoral del Golfo Pérsico (Abdullah, 2023). Además, para el autor considera la presencia de altos índices de compresibilidad, es uno de los problemas más comunes cuando se trata de construir carreteras, así como también, baja resistencia al corte, cambio de volumen sustancial y la baja capacidad de carga (Abdullah, 2023). Del mismo modo, se presenta subrasantes con suelos pobres que pueden experimentar tensiones cíclicas más grandes y a su vez pueden sufrir mayor degradación cíclica en estas condiciones que en condiciones convencionales de las carreteras; sin embargo, la corta vida útil de la ingeniería impide muchas opciones para fortalecer los suelos de fundación (Krechowiecki-Shaw et al., 2016).

De otro lado, cuando se presentan características fisicoquímicas únicas que limitan una adecuada resistencia de los suelos, en particular la cohesión, siendo necesario examinar las propiedades fisicoquímicas únicas de los sedimentos cohesivos, incluida la cohesión y la superficie específica (Adeoti et al., 2023). Además, los autores, señalan otras limitantes como la evolución temporal de la concentración de depósitos en terrenos inestables, junto con el comportamiento de sedimentación de partículas aisladas y la sedimentación obstaculizada. También, se debe indicar que los suelos se caracterizan por una cohesión efectiva bastante baja, de modo puntual, debido al mayor contenido de arena, así como fallas producidas en las pendientes artificiales que son causadas por la erosión natural de los suelos y las rocas blandas (Adeoti et al., 2023).

Los problemas asociados con la presencia de suelos de pobres provocan daños en las estructuras; considerando ello, el suelo no se puede reemplazar en grandes volúmenes para fines de construcción; es por ello, que reemplazarlos con materiales de alto rendimiento requiere movimiento de tierras y puede afectar la estabilidad, la nivelación y la excavación (Amulya et al., 2022). Además, para el autor, es necesario el tratamiento de los suelos a nivel de campo que resulta en

menos mano de obra, menos área de tratamiento y mejores resultados en la línea de desempeño. También se tiene la tecnología de estabilización de suelos que es una forma rentable de mejorar los suelos pobres, clasificándose en dos técnicas principales, estabilización mecánica y estabilización química (Amulya et al., 2022). Finalmente, la estabilización química funciona en reacciones químicas variantes donde el aditivo químico reacciona con la composición del suelo y los minerales, mejorando las propiedades de ingeniería (Amulya et al., 2022).

Una de las causas abordadas es la limitada mentoría respecto a las características geotécnicas de los suelos, son requisitos previos para el uso en proyectos ingenieriles (Omowumi, 2017). Tal es el caso, que, en Nicaragua, donde el circuito de carreteras contribuye significativamente al crecimiento socioeconómico de muchas regiones, estos autores señalan que tiene el mayor registro de accidentes de tráfico con incesantes pérdidas de vidas y propiedades debido a las malas carreteras con las que cuenta. Además (Omowumi, 2017) sostiene que la construcción de carreteras se culmina sin evaluar la geología y el comportamiento geotécnico de los suelos inferiores, a causa de esto se produzcan fallos en carreteras o autopistas. A pesar de lo descrito, las fallas en las carreteras generalmente se deben a malas propiedades geotécnicas de los suelos subyacentes que constituyen todo el pavimento (Omowumi, 2017).

Otra limitante son los suelos con baja capacidad de carga a grandes profundidades donde generalmente se aplica métodos convencionales como el reemplazo de suelos débiles, lo cual no es rentable, ello implica muchos riesgos y dificultades para excavar y colocar relleno debajo del nivel freático, causando efectos en las tierras y estructuras adyacentes (Martins et al., 2021). Ante ello, los autores refieren que realizar el diseño y la construcción de terraplenes de carreteras en tales situaciones es un desafío para la ingeniería. Es por ello, que los métodos como el uso la arena granítica resulta más atractiva para el cliente a medida que se reducen los presupuestos de construcción y se buscan soluciones más rentables sobre todo considerando los motivos de índole medioambiental (Martins et al., 2021).



Aunado a lo descrito, desde hace muchos años, las infraestructuras viales en África Occidental están sujetas con mayor frecuencia a degradaciones prematuras a pesar de la gran cantidad de estudios; en este sentido Mbengue et al. (2022) en su artículo de investigación “Caracterización Geotécnica y Mecánica de Suelos Lateríticos Mejorados con Granito Triturado” manifiestan que este problema se debe muchas veces al comportamiento mal controlado de los materiales utilizados para la pavimentación, pero también a la escasez de materiales de buena calidad. También los autores sostienen que hoy en día, con el desarrollo económico, existe la necesidad de tener una infraestructura vial de buena calidad. Del mismo modo se debe considerar que entre las limitantes más notorias se tiene a la deficiente calidad de los suelos que forman las bases del pavimento (Mbengue et al., 2022).

Los efectos climáticos que impactan sobre los pavimentos, deben ser abordados y analizados a profundidad; ante ello (Amhadi & Assaf, 2021) en su artículo “Mejora de la subrasante del pavimento mediante la adición de cemento y cenizas volantes a la arena natural del desierto” sostienen que la eficiencia de la red de transporte es crucial para el funcionamiento de la economía mundial. Debido a que las carreteras son algunos de los modos de transporte más antiguos y populares, donde los insumos empleados en la pavimentación de carreteras se dividen en dos categorías, es así que se tiene los pavimentos rígidos y los flexibles, respectivamente (Amhadi & Assaf, 2021). Así tenemos que la capa de hormigón de cemento en el pavimento rígido soporta principalmente la carga, mientras que en el asfalto del pavimento flexible es la capa de rodadura (Amhadi & Assaf, 2021). Por lo tanto, los autores señalan que el diseño del pavimento considera el aumento en el uso de la carretera y la innovación tecnológica que otorga a los vehículos una mayor capacidad de carga, ya que la integridad estructural de la carretera puede verse comprometida por el correspondiente aumento de la tensión. Pues bien, la estructura de la carretera generalmente se compone de cuatro capas o superficies, que incluyen la superficie de la carretera, capa base, subbase y subrasante. La transferencia efectiva de la carga por eje de diseño desde la parte superior a las capas adyacentes del pavimento depende de los materiales, así como las propiedades mecánicas y el espesor de las capas

respectivas (Amhadi & Assaf, 2021). También los investigadores indican que la capa o superficie y la subcapa tiene CBR más alto y la densidad seca más alta; por lo tanto, tiene el rendimiento más bajo entre las otras capas por lo que da una capa más dúctil, es decir; con un índice de plasticidad (PI) mucho más alto. A esto se suman las condiciones ambientales incluidas las capas freáticas altas, son factores perjudiciales para el suelo subrasante ya que lo debilitan (Amhadi & Assaf, 2021). Por lo tanto, el diseño del pavimento tiene en cuenta estos problemas medioambientales mediante el uso de capas de carreteras más gruesas por encima de la subrasante, además de un material más robusto en lugar de la subrasante o en general, un pavimento más rígido y resistente (Amhadi & Assaf, 2021). Por lo que nos dice que las propiedades del suelo para la construcción de carreteras son críticas en un estudio de factibilidad, cuando la mala calidad de los suelos, especialmente en áreas desérticas, desafía el diseño del pavimento y la viabilidad económica de un proyecto vial (Amhadi & Assaf, 2021). En los desiertos, la ausencia de agua explica la formación de suelos a través de los efectos de la erosión, fuertes vientos, sedimentos y grandes fluctuaciones de temperatura, lo que resulta en la descomposición de las rocas en arena o grava. La naturaleza suave, redonda y de grano fino de las arenas del desierto conduce a una resistencia deficiente. La forma redonda típica del grano de arena del desierto afecta el enclavamiento mecánico entre los agregados y, después de agregar cemento, esto afecta la estabilidad de la mezcla y las propiedades del concreto premezclado (Amhadi & Assaf, 2021). Además, los autores sostienen que la arena del desierto a menudo no cumple con los requisitos técnicos para ser utilizada como subrasante de pavimento si no se trata (Amhadi & Assaf, 2021). El uso de arena del desierto para fines de construcción ha ganado atención recientemente, e incluso la resistencia del concreto de arena del desierto (DSC) es equivalente a la del concreto ordinario (Amhadi & Assaf, 2021). Sin embargo, la composición física y mineral de las arenas del desierto varía según las regiones donde se forman, además el costo puede ser una barrera significativa para implementar las estrategias descritas, sin embargo, antes de reemplazar un sustrato existente, es mejor considerar todas las opciones disponibles para mejorar sus propiedades (Amhadi & Assaf, 2021). Finalmente, la subrasante se puede estabilizar utilizando una variedad de materiales puzolánicos

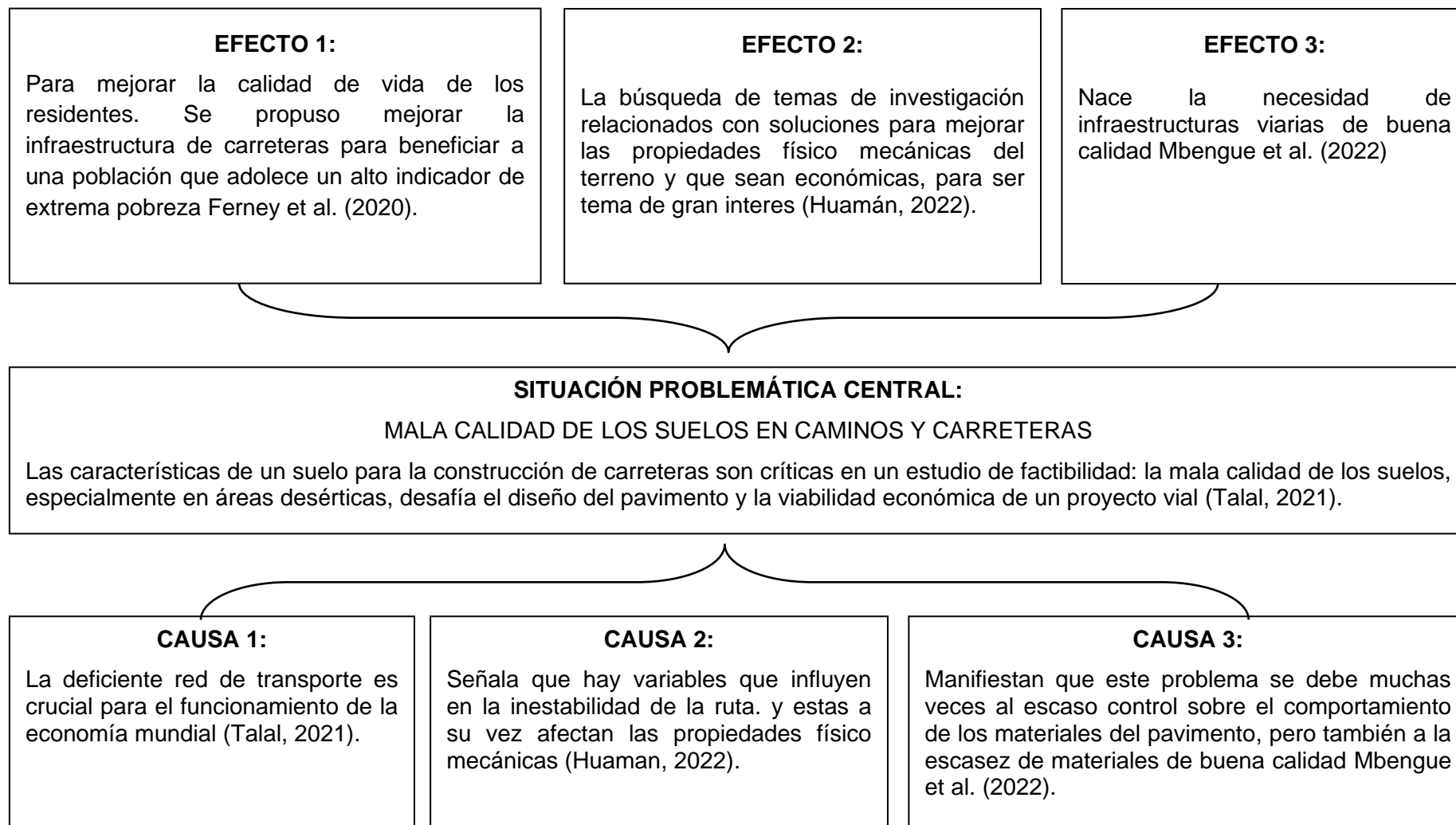
e industriales, como cal, cenizas volantes, humo de sílice, cemento y bentonita, así como aprovechar materiales utilizables para la construcción de carreteras a partir de desechos de la construcción puede ser una estrategia eficaz de gestión de desechos (Amhadi & Assaf, 2021).

Entre las alternativas consideradas el presente estudio incorpora lignosulfonato de calcio (CLS); para ello (Pezo & D'alembert, 2022) en su tesis titulada "Adición de cemento mas lignosulfonato de calcio para mejorar las cualidades de la subrasante en la vía hacia Paruro, Cusco". En Perú sostienen que este compuesto perfecciona las características mecano-físicas del suelo siendo económico. Tanto que la combinación de lignosulfonato de calcio (CLS) y cemento influye en el mejoramiento de las características de suelo (Pezo & D'alembert, 2022). Los suelos blandos es una constante en el desarrollo de proyectos, en particular en las zonas de selva del Perú; para ello (D Santa Cruz, 2019) en su tesis de grado "Determinación del mejoramiento del espesor de una subrasante con presencia de suelos cohesivos, Perú", señala abiertamente que en el desarrollo de los proyectos viales tienen sectores que contienen suelos estructuralmente inestables, comúnmente encontrados en material arcilloso, limo, etc. Para ello, el autor manifiesta la importancia de conocer estas áreas, debiéndose llevar a cabo diversas investigaciones y proponer soluciones razonables para mejorarlas. Es por ello, que según la ponencia desarrollada en el Amazon Invest Fórum estima un 83,2% de las carreteras en el área de San Martín no están pavimentadas (D Santa Cruz, 2019). A este problema se añade el persistente deslustre de las condiciones viales en la región; por lo que, con el fin de promover el uso adecuado de la información y la implementación de nuevas técnicas de diseño, este estudio determina que la capa deber ser lo suficientemente grueso para mejorar el subsuelo en presencia de suelo blando y evitar hundimientos por consolidación del terreno (D Santa Cruz, 2019).

Se debe considerar la importancia del uso del lignosulfonato (LS) en la estabilización de los suelos blandos, ya que este ofrece diversas alternativas para el uso ingenieril en carreteras; para ello (Andia, 2022) en su tesis titulada "Lignosulfonato de calcio con fibra de maguey para estabilizar suelos limosos de

la vía Alto Qosqo, Cusco.”, dónde presenta la opción de mezclar lignosulfonato de calcio (CLS) con fibra de maguey, para determinar si tiene un impacto en las características del subsuelo limoso. Es así que, en la región Cusco se presentan derrumbes que ocurren en las vías, especialmente en época de lluvias, que afectan en gran medida la plataforma vial y dificultan el flujo de los vehículos. Además (Andia, 2022) sostiene que las carreteras completamente verificadas no están exentas y envejecerán antes de alcanzar su vida útil prevista. Ante ello, el producto alternativo que mejora la calidad, así como la durabilidad a largo plazo es el uso de lignosulfonato de calcio (CLS) como aditivo de los residuos de madera, lo que resulta en un menor uso de cemento (Andia, 2022). El presente estudio también aborda a la arena granítica (GS) es producto de la meteorización del granito que tiene una gran demanda en la ejecución de vías (carreteras, pistas y terminales) (Eltwati et al., 2020). Asimismo, como estabilizador de arena granítica (GS), se han presentado hallazgos que demostraron que la adición de polvo de granito incremento notablemente la resistencia al corte, el CBR y Máxima densidad seca de los suelos. En este contexto la delimitación del provea desagregó la situación problemática según lo señalado y mostrado en la siguiente figura:

## Detalle del problema de investigación



Por lo descrito se propone como el **problema general** P.G: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023? Asimismo, encuentro los **problemas específicos** como P.E1: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en el óptimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023? P.E2: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en la densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023? P.E3: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023?

El problema asociado a la deficiencia en la calidad de suelos es una restricción que se presenta en diversos contextos.

La **justificación teórica** del presente trabajo de investigación busca cerrar un vacío en el conocimiento científico con respecto al mejoramiento y/o estabilización de suelos cohesivos. En ese sentido se plantea desarrollar una mezcla y/o combinación con la arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) ya que aún existe una brecha de conocimiento con respecto a su uso de manera sinérgica (Abdullah, 2023).

La propuesta de la arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) busca mitigar la problemática referida a la deficiencia en la calidad de suelos, que es una limitación en suelos cohesivos con altos índices de compresibilidad, baja resistencia al corte, cambios significativos de volumen y baja capacidad de carga (Abdullah, 2023). Además, la estabilización con arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) en la subrasante de suelos pobres disipa las mayores tensiones cíclicas y degradación cíclica (Krechowiecki-Shaw et al., 2016).

Por lo expuesto, la investigación se justifica porque busca introducir investigación y el desarrollo de estabilizadores no tradicionales de suelos, como los descriptos

por Amulya et al. (2022). Además, la propuesta del uso de aglutinantes sostenibles, como la arena granítica (GS), contribuye al mejoramiento y/o estabilización de suelos cohesivos, debido a su acción de naturaleza industrial obtenidos de la trituración de áridos y/o agregados (Amulya et al., (2022). La arena granítica (GS) es un material no plástico que tiene una alta resistencia al corte y gravedad.

Por otro lado, el lignosulfonato de calcio (CLS), un polímero de naturaleza biológica, mejora las cualidades químicas y físicas de aquellos suelos expansivos vulnerables. Esto se debe a su composición basada en lignina, que se obtiene como subproducto industrial de la industria procesadora de madera y papel. Es decir, producto del proceso de pulpa al sulfito en la industria maderera, por lo que son uno de los materiales no cementosos que mejoran la resistencia, la ductilidad y la cohesión junto con cero CO<sub>2</sub> emisión y bajo valor de pH (Amulya et al., 2022). El Lignosulfonato (LS), es un insumo que se produce a partir de la voladura de rocas como el material de construcción (Barbiera et al., 2019). Donde se aplica en el laboratorio (microscopía de corte fino, cristalografía de rayos X, fluorescencia de rayos X), para caracterizar los materiales rocosos y la eficacia de los aditivos, igualmente se examinó dos aditivos estabilizadores que pueden mejorar las propiedades mecánicas de las rocas trituradas para servir como construcción, de modo específico los agregados. Para ello Barbiera et al. (2019) señalan los aditivos como el lignosulfonato, se caracterizan por su eficacia mediante pruebas de laboratorio y de campo. Para ello Barbiera et al. (2019) indican que las investigaciones acerca de la aplicación de los agentes estabilizantes fueron tratados con lignosulfonato, respectivamente, resultando que los aditivos investigados cubren y unen las partículas del material estrechamente entre sí, obteniéndose como resultado que los materiales tratados tuvieron un mejor rendimiento que los materiales no tratados (Barbiera et al., 2019).

Por otro lado, el lignosulfonato (LS) reduce la permeabilidad y la penetración de agua de una manera económica (Cai & Mingxi, 2023). Del mismo modo el lignosulfonato (LS) mejora la efectividad del contenido de humedad de las mezclas de concreto y se han convertido en la primera opción para reemplazar los

modificadores inorgánicos tradicionales (Cai & Mingxi, 2023). De otro lado, el lignosulfonato (LS) es un compuesto físico ecológico y respetuoso con el medio ambiente y cuyo proceso no produce nuevas sustancias químicas, considerando que los materiales inadecuados son baratos y fáciles de obtener (Cai & Mingxi, 2023).

A pesar de la aceptación global de los aditivos tradicionales para el tratamiento de suelos expansivos, se han generado otras alternativas ambientalmente benignas que han sido un tema importante de investigación debido a las preocupaciones inherentes a la salud y la seguridad de los aditivos tradicionales para el tratamiento de suelos expansivos (Pere, 2018). En tal sentido, entre las alternativas que proviene de la pulpa a partir de madera y en el proceso produce más de 50 millones de toneladas anuales de una sustancia de desecho conocida como lignosulfonato (LS) (Pere, 2018). Pues bien, el uso exitoso del aditivo lignosulfonato (LS) como nuevo material de estabilización para suelos expansivos parece ser una de las muchas soluciones viables para el uso sostenible de un subproducto de desecho, la construcción ecológica y, además, para evitar los problemas de eliminación inherentes a la industria de fabricación de papel (Pere, 2018). Además, los resultados de estas investigaciones indicaron que la solución lignosulfonato (LS) podría ser una mezcla ingeniosa para controlar la capacidad de hinchamiento o descamación entre otras propiedades de un suelo expansivo (Pere, 2018).

En suma, la tecnología de estabilizar el terreno es una forma rentable de mejorar los suelos pobres, esta se clasifica en dos técnicas principales, estabilización mecánica y estabilización química (Amulya et al., 2020). Es así que la estabilización química funciona en reacciones químicas variantes donde el aditivo químico reacciona con la composición del suelo y los minerales, mejorando las propiedades de ingeniería para mejorar los suelos débiles y mejorar sus propiedades como la resistencia y la compresibilidad, al cambiar la estructura mineralógica, en porcentajes más altos de lignosulfonato de calcio (CLS), las partículas de arcilla se agregaban junto con la cadena polimérica, evaluando el efecto del lignosulfonato de calcio (CLS) en suelos limosos, concluyendo que los



criterios de mejora de la resistencia y durabilidad se cumplieron con una dosis más baja de lignosulfonato de calcio (CLS) (Amulya et al., 2020).

La **justificación práctica** se basa en mejorar y/o estabilizar la capa subrasante, que son los terrenos naturales de la carretera. Producto de la población de los pueblos que se benefician, así como las localidades vecinas solicitaron, ante diversas instancias gubernamentales, un servicio fundamental que fomenta la dinamización de mercados de bienes y servicios y facilita la movilización de las personas y vehículos; Es decir, la pronta intervención y/o mejoramiento del camino vial vecinal. En base al estudio, el lignosulfonato de calcio (CLS) ofrece el grado óptimo de agregación de partículas y se inhibía mejor el desarrollo de poros y grietas, por lo tanto, este estudio muestra que se pueden usar en lugar de modificadores inorgánicos para tratar suelos expansivos y reducir la cantidad de modificadores inorgánicos (Cai & Mingxi, 2023). En función de los resultados se pueden obtener propiedades físicas, indicadores macromecánicos y características microestructurales del suelo mejorado con diferentes dosis inorgánicos (Cai & Mingxi, 2023). Se exploraron la viabilidad y el efecto de combinar lignina y sus derivados para mejorar suelos expansivos. Teniendo como conclusión que las propiedades mecánicas de los compuestos se mejoraron aún más gracias a la incorporación del lignosulfonato de calcio (CLS), así mismo sus derivados inhibieron el desarrollo y la extensión de pequeños poros y grietas, lo cual redujo la inserción del agua y mejoró la estabilidad de la muestra con respecto al agua, porque la mejora no contamina el medio ambiente y no crea nuevas sustancias químicas, considerando que los materiales inadecuados son baratos y fáciles de obtener (Cai & Mingxi, 2023).

En la actualidad la presencia de suelos de baja capacidad de carga dificulta la rápida urbanización, es decir en el proceso cuando se encuentran tales suelos, se debe confiar en técnicas de estabilización sostenibles para mejorar sus propiedades Amulya et al. (2022), debido a que la presencia de suelos pobres provoca daños en las estructuras, no pudiéndose reemplazar en grandes volúmenes para fines de construcción, requiere movimiento de tierras y puede afectar la estabilidad, la nivelación y la excavación Amulya et al. (2022). Para ello

se examina el efecto de variar las dosis de lignosulfonato de calcio (CLS) en arcilla estabilizada con arena granítica (GS) en diferentes dosificaciones, para lograr este efecto se determinó una mezcla de buen rendimiento a partir del lignosulfonato de calcio (CLS) de la mezcla arcilla con arena granítica (GS) y de la mezcla arcilla con arena granítica (GS) con lignosulfonato de calcio (CLS) en diferentes períodos de curado de 7, 14, 28 y 90 días Amulya et al. (2022). La conductividad hidráulica de la mezcla de arcilla-GS y de las mezclas de arcilla-GS-CLS se calculó después de un período de curación de 7 y 28 días, lográndose que en un total de 50% de arena granítica (GS) en mezclas de arcilla y lignosulfonato de calcio (CLS) mejora la permeabilidad 30 veces Amulya et al. (2022). Para las mezclas de arcilla con arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) resulta que la permeabilidad disminuye con una mayor dosis de lignosulfonato de calcio (CLS) y un mayor período de curado. Como resultado de la investigación el estudio ha revelado que el uso de aglutinantes sostenibles, estabiliza el suelo cohesivo y tiene el potencial de abordar problemas relacionados con la angustia de otros suelos problemáticos. Se concluyó que los criterios de mejora de la resistencia y durabilidad se cumplieron con una dosis más baja de lignosulfonato de calcio (CLS) (Amulya et al., 2022).

La **justificación social** de esta investigación surge buscando elevar las condiciones de vida a través de la mejora de las características del camino vial vecinal que conecta las localidades de Sinui, La Florida, Tupac Amaru, Nuevo Jaén, Independencia, Roca Fuerte, Puerto Perú, Cotoyacu y Grau con el Distrito de Yurimaguas – Ruta LO-545 se encuentra en pésimas condiciones.

El interés científico por la investigación desarrolla tecnología que ayude y/o conlleve a mejorar las características mecánicas y físicas de los suelos cohesivos a través de nuevos aditivos estabilizadores de origen ecológicos y económicos, en línea con lo descrito por Amulya et al. (2023) los porcentajes (%) de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) se determinó basado en un análisis de la literatura completa científica **Tabla 1. Literatura, justificación teórica. (Ver anexo)**

La **justificación metodológica**, se ha establecido un rango ampliamente evaluado en las investigaciones científicas un porcentaje (%) que va desde un 80% para una muestra de subrasante de suelo cohesivo o muestra patrón en peso del suelo, la propuesta de mejoramiento y/o estabilización de las características mecano-físicas de suelos cohesivos es por medio de la dosificación y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2% 4% y 6%.

Con respecto a examinar el potencial del lignosulfonato (LS) esto es para mejorar el comportamiento de ingeniería de dos suelos expansivos disponibles localmente. los cuales se recolectaron de Vijayawada y Amaravathi, ubicados en la Región Capital de Andhra Pradesh, India. El tratamiento realizado con lignosulfonato (LS) dio como resultado una carga superficial negativa reducida de los suelos y la formación de una microestructura de cadena polimérica junto con una microestructura de partículas floculadas o agregadas, lo que puede atribuirse a una mayor resistencia de los suelos expansivos. Es decir, se adoptó el método de titulación de azul de metileno (MB) utilizado en la industria para controles de calidad rutinarios, a pesar de su precisión aparentemente más limitada para estipular la capacidad del terreno para el intercambio catiónico, el procedimiento estándar de desplazamiento de amonio subestima el valor de CIC en gran medida, mientras que el método de titulación de MB proporcionó un valor de CIC aceptable, teniendo que las muestras de suelo representadas recolectadas al final de la prueba UCS se secaron en un horno a 60 °C (Amulya et al., 2020).

En cuanto al análisis del efecto de agregar desechos de corte de granito sobre las características del terreno cohesivo, se realizó una recolección de muestras representativas de suelos cohesivos (Syed et al., 2021) También los autores determinaron las principales propiedades geotécnicas siguiendo los procedimientos estándar de ASTM. Es decir, un análisis exhaustivo de los resultados de las pruebas revela unos descensos continuos de los límites de Atterberg, los contenidos óptimos de humedad y la capacidad de expansión, y un aumento en la MDS y la resistencia general de ambos suelos en cantidades crecientes de vetas de desechos de corte de granito agregado, además de un

estudio de campo detallado para localizar sitios adecuados para recolectar muestras representativas de suelo y desechos de corte de granito de la región de Mansehra, Hazara, Pakistán muestras recolectadas de grano grueso y en proporciones modales más o menos similares de feldespato alcalino, cuarzo y plagioclasa (Syed et al., 2021); sin embargo, el granito Baffa es más oscuro debido a su contenido ligeramente mayor de minerales de color oscuro (máfico), principalmente biotita, que muestra (Syed et al., 2021).

**Tabla 2.** *Detalles del proceso de tratamiento de las muestras de suelos estudiados*

NÚMERO DE MUESTRA	PORCENTAJE DE SUELO	PORCENTAJE DE RESIDUOS DE CORTE DE GRANITO AÑADIDOS
1	100	0
2	95	5
3	90	10
4	85	15
5	80	20
6	75	25

**Fuente:** *“Influence of Granite Cutting Waste Addition on the Geotechnical Parameters of Cohesive Soil, International Journal of Engineering Research and Advanced Technology”, Syed, A.; Muhammad, A.; Muhammad, A.; Muhammad, S. 2021.*

Se desarrolla la **Sostenibilidad de la investigación**; para ello, se establece que la arena granítica (GS) es un insumo respetuoso con el medio ambiente, el cual tiene sostenibilidad ambiental; es decir, que permite preservar la explotación de agregados vírgenes y reduce la huella de carbono que generan los procesos. En definición la sostenibilidad ambiental implica mantener la biodiversidad sin sacrificar el desarrollo económico y social (Varsha, Moghal, Rehman, & Chittori, 2023) **Tabla 3.** *Literatura, sostenibilidad de la tesis. (Ver anexo)*

Los lignosulfonatos (LS) son renovables, inherentemente biodegradables y no tóxicos. También tienen una huella de carbono menor que los productos químicos de origen fósil, ya que se derivan de una fuente natural y requieren menos

energía para producirse; se transforma en una alternativa viable para reducir las emisiones de carbono (Barbieri, Hoff, & Engeness, 2020). Se elimina o reduce el uso de estabilizadores químicos y se promueve el de alternativos como el lignosulfonato (LS). Sin embargo, el uso de estabilizadores químicos tradicionales podría generar problemas ambientales en los suelos. Estos aditivos también disminuyen la capacidad del suelo para retener agua y transferir nutrientes al alterar el pH del suelo, limitando así la vegetación y reduciendo la calidad del agua subterránea.

Por otro lado, se tiene como **objetivo general** O.G: Demostrar como el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023. Así mismo, tenemos los **objetivos específicos** como O.E1: Demostrar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el óptimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023. O.E2: Demostrar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en la densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023. O.E3: Demostrar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.

De acuerdo con el título de la investigación, desarrollamos las siguientes hipótesis, como **hipótesis general** H.G: El uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye favorablemente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023. Por lo tanto, tenemos **hipótesis específicas** como H.E1: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el óptimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023. H.E2: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en la densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023. H.E3: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

De acuerdo a Amulya et al. (2022), debido a que la presencia de suelos pobres provoca daños en las estructuras, no pudiéndose reemplazar en grandes volúmenes para fines de construcción, requiere movimiento de tierras y puede afectar la estabilidad, la nivelación y la excavación. En base a lo indicado los autores examinaron el efecto de variar las dosis de lignosulfonato de calcio (CLS) en arcilla estabilizada con arena granítica (GS) en diferentes reemplazos, para lograr este efecto se determinó una mezcla de buen rendimiento a partir de la mezcla arcilla con arena granítica (GS) con lignosulfonato de calcio (CLS) en diferentes períodos de curado de 7, 14, 28 y 90 días. La conductividad hidráulica de la mezcla de arcilla-GS y de las mezclas de arcilla-GS-CLS se calculó después de un período de curación de 7 y 28 días, lográndose que en un total de 50% de arena granítica (GS) en mezclas de arcilla mejora la permeabilidad 30 veces (Amulya et al., 2022). En ese sentido, los investigadores encontraron que para las mezclas de arcilla con arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) resulta que la permeabilidad disminuye con una mayor dosis de CLS y un mayor período de curado. Como resultado de la investigación el estudio ha revelado que el uso de aglutinantes sostenibles, estabiliza el suelo cohesivo y tiene el potencial de abordar problemas relacionados con la angustia de otros suelos problemáticos. Se concluyó que los criterios de mejora de la resistencia y durabilidad se cumplieron con una dosis más baja de lignosulfonato de calcio (Amulya et al., 2021).

En el ámbito internacional, Xu et al. (2022) en su artículo de investigativo “Estudio sobre las propiedades mecánicas del loess mejoradas por lignosulfonato y su mecanismo análisis y perspectivas” nos habla sobre la estabilización química, un método importante para estabilizar los cimientos del suelo, puede consolidar las partículas del suelo y aumentar su resistencia mediante reacciones químicas. Para modificar las características de terreno (suelos arcillosos, expansivos) se utilizó lignosulfonato de calcio (CLS), un tipo de material ecológico. Con base en numerosos resultados experimentales, se investigaron las características del loess (suelos arcillosos, expansivos) estabilizado, desarrollando ensayos de

laboratorio entre ellos el límite de Atterberg, la resistencia a la compresión uniaxial, el daño interno y las fases físicas, para verificar su efecto de estabilización y revelar sus mecanismos de fortalecimiento, en comparación con los estabilizadores tradicionales (Xu et al., 2022). Los autores cuyos resultados muestran que el lignosulfonato de calcio (CLS) puede aumentar la resistencia a la compresión y los límites de Atterberg y disminuir la disipación de energía debido a la reducción del espaciado del plano del cristal mineral y el espesor de la capa eléctrica de dos capas de la partícula, el aumento de la compacidad de la estructura y el aumento de las cementaciones de sílice y carbonato. por la hidrólisis y reacciones químicas con minerales arcillosos en loess. La resistencia de la muestra de loess tratada aumenta con el creciente contenido de lignosulfonato de calcio (CLS), también demuestran que el lignosulfonato de calcio (CLS) es un nuevo estabilizador ecológico que merecería una mayor aplicación en la ingeniería de loess (Xu et al., 2022).

Según Ijaz et al. (2023) en su artículo de Investigación “Nueva mezcla binaria de residuos de la industria papelera y maderera para la solidificación/estabilización de subrasantes de suelo problemáticas: estudio macro-micro”; presenta la posible aplicación de subproductos de residuos de papel y la madera producidos en las fábricas, es decir, lignosulfonato (LS) junto con cal (LM); Es decir, aditivo cementante a base de LS (LSCA) para mitigar el agrietamiento inducido por la desecación y las vulnerabilidades mecánicas del suelo expansivo. subrasante. Los resultados mostraron que el LSCA y la cal (LM) mejoraron significativamente la consistencia del suelo, las características de resistencia de la subrasante; Es decir, el módulo de resiliencia y CBR mitigaron completamente el potencial de hinchazón con una mayor resistencia. Además, LSCA y LM redujeron notablemente la contracción volumétrica 3D y el factor de intensidad de grieta (CIF) en un 90,1% y 87,4%, respectivamente. Los análisis mineralógicos y microestructurales manifestaron que el LSCA indujo nuevos compuestos cementosos; según los autores Ijaz et al. (2023) los hidratos, silicato y aluminato de calcio mejoró sustancialmente el entrelazamiento entre las partículas del suelo en comparación con los suelos no tratados y los tratados con lignosulfonato (LS). Además, los análisis de espesor del pavimento mostraron que la subrasante

tratada con LSCA omite la provisión de colchón de arena y capa de subbase que promueve la conservación del material del camino.

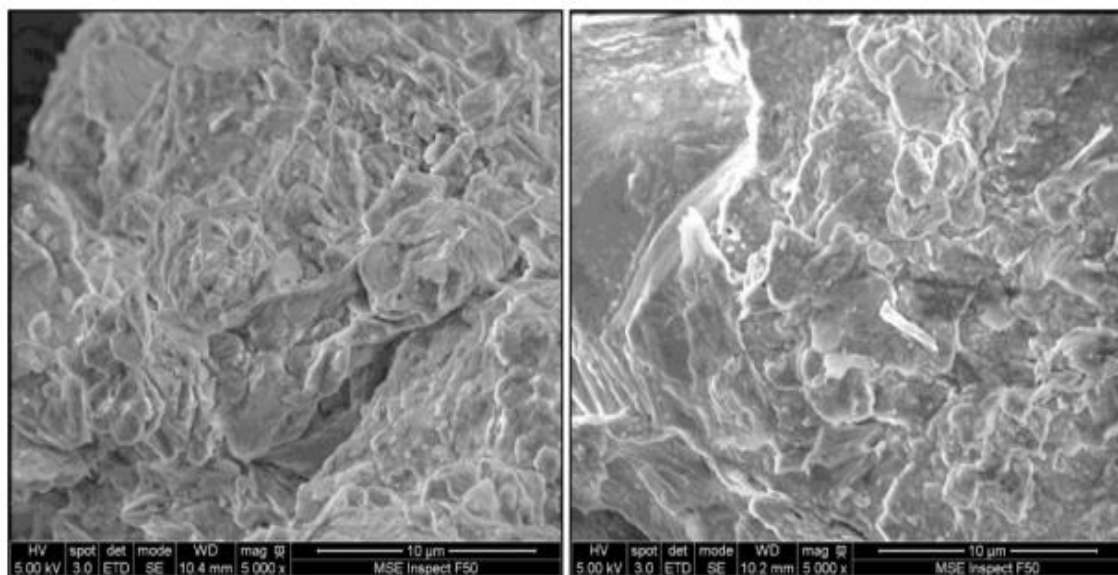
Según Wu et al. (2020) en su artículo de Investigación “Mecanismo de estabilización del lignosulfonato de calcio utilizado en suelos sensibles a la expansión”; se llevaron a cabo varias pruebas para investigar las propiedades macroscópicas y el mecanismo de estabilización del suelo expansivo modificado incorporando lignosulfonato de calcio (CLS). En referencia con los suelos patrón y modificados con lignosulfonato de calcio (CLS) al 4% mostró un aumento del 56,5% en la resistencia a la compresión libre a los 28 días y una disminución del 23,8% en la tasa de expansión libre. La existencia de un intercambio catiónico y una reducción del espaciamiento interplanar en la montmorillonita se evidencian en los resultados del estudio de difracción de rayos X. Los resultados de la tomografía muestran que el lignosulfonato de calcio (CLS) mejoró la distribución de los poros y redujo la porosidad (Wu et al., 2020).

Según Li et al. (2019), en sus estudios determinaron que además de los estabilizadores de suelos convencionales, entre ellos cemento y cal, existen varios estabilizadores no convencionales disponibles para la ingeniería vial, estos se han clasificado en siete categorías: iónicos, enzimas, lignosulfonato, sales, resinas de petróleo, polímeros y resinas de árboles (Li et al., 2019), de acuerdo a los autores se tiene al lignosulfonato (LS) que se deriva de la lignina, un polímero natural que se encuentra en la madera y que funciona como pegamento para estabilizar las fibras de celulosa de la pulpa, este ha venido siendo utilizado principalmente para el control del polvo en caminos de grava, y ha habido investigaciones previas limitadas sobre su papel como estabilizador alternativo del suelo. Así tenemos que un estudio exitoso de estabilización de suelos con coproductos a base de lignina al aumento del adiconamiento y/o dosificación del estabilizador de lignina en el suelo, la característica de compresión no confinada aumentó; por lo que, la cantidad óptima de estabilizador de suelos a base de lignina era del 12% en todos los casos, (Li et al., 2019), así mismo una investigación encontró que el lignosulfonato (LS) mejoraba la resistencia de la arcilla expansiva y la mejora de la resistencia aumentaba con la disminución del



contenido de agua de compactación (Noorzad et al., 2018), del mismo modo un estudio similar encontró que el lignosulfonato (LS) aumentaba la rigidez y la capacidad del suelo arcilloso para resistir la compresión confinada sin causar un comportamiento frágil considerado. Finalmente, Li et al. (2019), concluyen que, en los resultados de las pruebas de durabilidad, el lignosulfonato mejoró la resistencia húmedo-seco para ambos tipos de suelos limosos y al mismo tiempo produjo una mejora significativa en la durabilidad de congelación y descongelación para limo arenoso con arcilla. El análisis con microscopio electrónico de barrido (SEM) indicó que el lignosulfonato (LS) era capaz de crear un enlace entre las partículas del suelo.

**Figura 1.** Micrografías de (a) Suelos no tratado (b) Suelo tratado con lignosulfonato (LS)



(a)

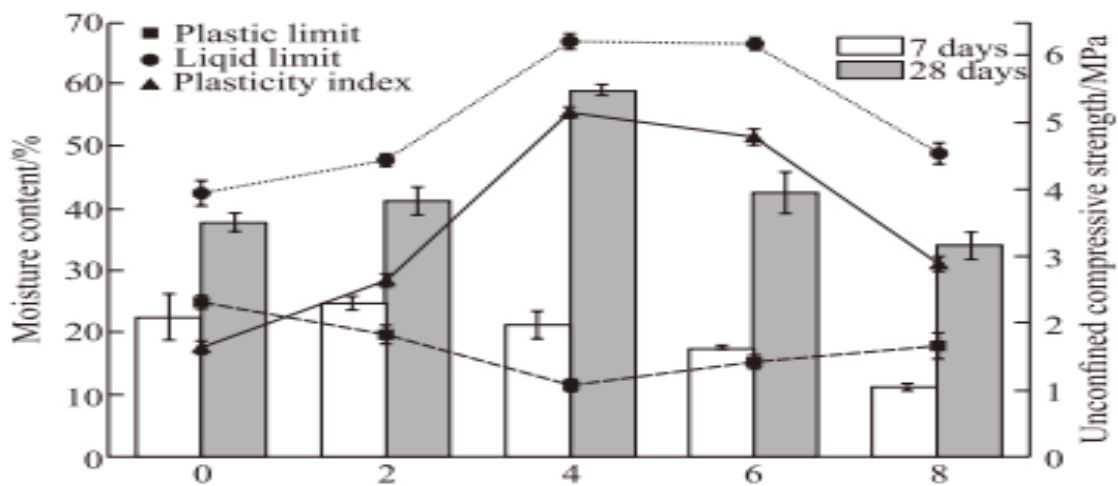
(b)

**Nota:** “Laboratory evaluation of silty soils stabilized with lignosulfonate, In International Airfield and Highway Pavements Conference”, Li, Y.; Ceylan, H.; Kim, S.2019.

Este artículo publicado por Dajiang et al. (2020), investigaron la influencia de diferentes contenidos de lignosulfonato de calcio (CLS) en las macropropiedades para lo cual se realizaron pruebas sobre los límites de Atterberg, la resistencia a la compresión, la tasa de expansión y la estabilidad del agua; así mismo, se estudió su mecanismo de estabilización basándose en experimentos con

minerales arcillosos (Montmorillonita o Caolinita. Adicionalmente se realizó la prueba de potencial Zeta considerando la interacción entre la doble capa eléctrica del suelo y los iones del lignosulfonato de calcio (CLS) (Dajiang et al., 2020), los autores posteriormente realizaron experimentos reológicos para examinar la interacción de corto alcance entre el suelo y las estructuras de las partículas de arcilla, logrando determinar que el lignosulfonato (LS) muestra su notable potencial de utilización en términos de propiedades no peligrosas, no tóxicas y no corrosivas; así mismo, es un subproducto de las industrias de papel y procesamiento de madera con una producción anual estimada de 50 Mt en el mundo. Además de tener en el centro de la molécula de lignosulfonato (LS) una estructura de red tridimensional de fenilpropano no sulfatado, rodeada por cadenas laterales hidrolizadas y grupos sulfónicos, así como la capa exterior conformada por una doble capa eléctrica formada por grupos sulfónicos y sus contraiones, afectando su propiedad de dispersión. A diferencia de los estabilizadores de suelo catiónicos comúnmente utilizados. Dajiang et al. (2020), concluyeron que el lignosulfonato (LS) es un tensioactivo aniónico encima de contribuir a mejorar las propiedades geotécnicas del suelo expansivo.

**Figura 2.** Efecto del lignosulfonato de calcio (CLS) sobre los límites de Atterberg y resistencia a la compresión ilimitada.



**Nota:** “Stabilization Mechanism of Calcium Lignosulphonate Used in Expansion Sensitive” Soil, *Journal of Wuhan University of Technology-Mater*, Dajiang, W.; Wei, S.; Luansu, W.; Wenquiang, Z.; Xiangui, H.2020

De acuerdo a Zhang et al. (2018), con respecto al uso sostenible de los recursos renovables continúa ganando atención para reemplazar la energía no renovable y reducir la concentración del efecto invernadero, en efecto la lignina está muy extendida por todo el mundo entre ellos países desarrollados y en vías de desarrollo y se ha considerado un desecho o un subproducto industrial de bajo valor; es por ello, que Zhang et al. (2018), en su investigación sistemática de laboratorio sobre las características físicas, geomecánicas y microestructurales de suelos limosos estabilizados con lignina seleccionó un estabilizador de suelo tradicional, la cal viva, como aglutinante de referencia, se realizaron varias pruebas de laboratorio a macroescala revelando que el nivel de contenido de lignina tiene una influencia considerable en las características mecánicas, repartición de partículas en relación a sus dimensiones y la consolidación del volumen de poros de los suelos limosos estabilizado. Zhang et al. (2018) determinaron finalmente que el material cementante precipitado a base de lignina, que une estrechamente los granos del suelo y llena los espacios para producir una estructura del suelo más estable, es el mecanismo de control del rendimiento mecánico superior de los suelos estabilizados con lignina.

En cuanto a las zonas densamente pobladas de muchas ciudades están sustentadas por suelos expansivos, según Alazigha et al. (2018) la inestabilidad volumétrica de estos suelos causa miles de millones de dólares en daños cada año a edificios, carreteras, tuberías y otras estructuras (Richards 1990; Mitchell 1980) así mismo (Considine, 1984) informó, en promedio, que más de 50.000 casas se agrietan cada año en Australia, lo que representa aproximadamente el 80% de todas las reclamaciones de seguros de vivienda, es debido a ello que Alazigha et al. (2018) llamaron a los suelos expansivos el “desastre oculto” porque los daños causados por estos suelos no son tan dramáticos como los desastres naturales ya que solo causan daños materiales sin víctimas mortales, es debido a ello que se han implementado varias técnicas para minimizar los efectos de los suelos expansivos en la infraestructura civil a lo largo de los años, es así que estas numerosas técnicas, así como el uso de la tradicional los productos químicos (es decir, cal y cemento) han ganado aceptación mundial durante décadas. Estos aditivos pueden ser muy eficaz, aunque no sin problemas

inherentes de salud y seguridad, como el aumento de pH del suelo tras el tratamiento, falla frágil, compromiso de la calidad del agua subterránea y mala calidad. Alazigha et al. (2018) en su estudio ha concluido que el uso sostenible de los subproductos de lignina subproducto de las industrias de papel y procesamiento de madera, se tiene como resultado en el uso exitoso de lignosulfonato (LS) como aditivo alternativo para la estabilización expansiva del suelo proporcionando soluciones viables para él.

En relación con la sostenibilidad en el sector construcción Sharmila et al. (2021) los autores en primer lugar se refieren a la estabilización de suelos débiles o pobres que se ha practicado desde tiempos antiguos para mejorar o incorporar propiedades duraderas, es así que esto se ha convertido en la necesidad actual de la sociedad para defender y custodiar los recursos naturales, la biodiversidad y el ecosistema posiblemente por el cambio hacia el uso de los recursos energéticos alternativos que pueden disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> y la necesidad de reemplazar combustibles fósiles. Es decir que las subrasantes deficientes de las carreteras de poco volumen o los suelos con baja capacidad de carga se estabilizan con aditivos químicos para mejorar su comportamiento general. Para Sharmila et al. (2021) sin embargo la elección del aditivo depende de la idoneidad del suelo, la longevidad del aditivo, las consideraciones económicas y las condiciones geológicas específicas del lugar, es más con su base lignocelulósica, la biomasa vegetal podría convertirse en biocombustibles energéticos después de varios procesos físicos y químicos intermedios involucrados en los procedimientos de extracción y utilizados en otras prácticas industriales. Conviene subrayar que La lignina constituye aproximadamente del 15 al 40% del peso seco de la madera, esta debe eliminarse de la planta. Por ejemplo, se ha realizado en los últimos años un extenso trabajo en la Universidad de Wollongon utilizando el lignosulfonato (LS) para tratar la erosión interna del suelo dispersivo y observaron una reducción significativa en el coeficiente de erosión del terreno y un aumento pronunciado en la tensión de corte crítica del terreno estabilizado. Finalmente, los autores Sharmila et al. (2021) concluyen que los estudios realizados en suelos limosos mostraron un cambio en su respuesta de frágil a dúctil, las propiedades geotécnicas del limo estabilizado con

lignosulfonato (LS) fueron consistentes y aumentaron suavemente después de un período de curado de 28 días.

Según Chavali y Reshmarani (2020) hoy en día, la urbanización y la industrialización son los dos procesos más importantes a nivel mundial, los mismos que están asociados con un enorme consumo de recursos naturales y una producción significativa de subproductos industriales existiendo la urgencia de reciclar y/o reutilizar los subproductos en grandes cantidades, es así que (Chavali y Reshmarani (2020) en su estudio examina el potencial del lignosulfonato (LS) para mejorar el comportamiento de ingeniería de dos suelos expansivos disponibles localmente, los mismos que fueron recolectados de Vijayawada y Amaravathi, ubicados en el Región Capital de Andhra Pradesh, India, realizando estudios sistemáticos destinados a determinar si el lignosulfonato (LS) puede mejorar el comportamiento de ingeniería de suelos expansivos, los mismos que fueron tratados con cuatro porcentajes diferentes (0,5%, 1%, 2% y 4%) de lignosulfonato (LS) y se les permitió interactuar durante 7 y 28 días. Al mismo tiempo se llevaron a cabo en las muestras de suelo una variedad de test de laboratorio, incluida la resistencia en la compresión, capacidad de intercambio catiónico y microscopía electrónica de barrido. Finalmente para (Chavali y Reshmarani (2020) los resultados indicaron que el lignosulfonato (LS) tiene una influencia significativa en el comportamiento resistente de los suelos expansivos, como la cantidad de finos contenidos en los suelos define el porcentaje óptimo de lignosulfonato (LS), dando como resultado reducir la carga negativa de la superficie del suelo y la formación de cadena polimérica microestructura junto con partícula floculada o agregada microestructura, la que atribuye a la mayor resistencia de los suelos expansivos.

En base a los estudios de Huamán (2022) se propuso mejorar la infraestructura de carreteras para beneficiar a la población afectada que sufre de pobreza extrema en Cusco, de esta manera, levantar la calidad de vida de los habitantes. El procedimiento consideró apropiado aumentar la dosificación de la mezcla para asegurar la duración, la calidad y la estabilidad. Sin embargo, se encontraron problemas importantes con el estado, ya que muchas carreteras sufrieron

derrumbes, huaycos y bloqueos en varias ocasiones durante las lluvias, debido a los suelos limosos presentes en la zona. Esto generó que Huamán (2022) se dedicara al estudio referente a desarrollar técnicas de como agregar aditivos para obtener una buena calidad de las propiedades de la subrasante, es así que nace el interés de buscar alternativas de solución, proponiendo el uso de productos que conlleven a mejorar no solo la calidad sino también la resistencia a lo largo del tiempo Huamán (2022) propusieron la utilización de aditivos a los desechos de madera que lleva al estudio científico del lignosulfonato de calcio (CLS) y reducir el uso del cemento. Huamán (2022) utilizando como una parte del diseño de la investigación es la metodología cuasi experimental identificando y descartando los efectos de los tratamientos para ello se llevaron a cabo pruebas con la incorporación de cemento mas lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 0%, 2%, 4%, 6% y 8%. La respuesta más alta fue el 6% para el CBR con el CLS, que obtuvo un 19.31% en comparación con el patrón de muestra de 14.65% según Huamán (2022) se llegó a la conclusión de que la adición de CLS y cemento mejora las propiedades de la subrasante y hace que su uso sea más económico. De la misma manera Huamán (2022) descubrió que agregar 8% de cemento y CLS independientemente mejoró el contenido de humedad ideal, reduciendo valores con referencia a la muestra patrón y agregando CLS en 6% aumenta el CBR a 19.22%, cumpliendo con lo establecido en las Normativas NTP 339.15, ASTM D 1883 y MTC E 132, que indican valores de CBR superiores al 20% se considera buena.

El propósito que mueve a Pardo (2023) en su investigación son la existencia de varios tipos de suelos no adecuados, especialmente los suelos expansivos, que experimentan cambios significativos en su volumen como resultado de su fuerte afinidad con el agua, causan daños significativos a las cimentaciones de las estructuras según Pardo (2023) este tipo de suelo ha experimentado hinchamiento en épocas húmedas y encogimiento en épocas secas, por lo que La presencia de minerales podría ser la causa de estos cambios en la composición de estos suelos lo que hace modificar sus características para evitar que las estructuras se agrieten y se deterioren con el tiempo Según Pardo (2023) la característica mecánica expansiva de los suelos Desde los años 1950, los

investigadores han estado tratando de encontrar soluciones de estabilización más efectivas y sostenibles.

## **2.2 Bases teóricas**

### **La Variable Independiente considera la combinación de Arena Granítica (GS) y Lignosulfonato de Calcio (CLS) para Estabilizar Suelos Cohesivos.**

Para la Variable Independiente combina la arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS). En ese sentido, podemos conceptualizar que el Lignosulfato de calcio (CLS) es un polímero que se fabrica como un subproducto de la industria papelera, siendo usado como estabilizador de suelos debido a que no sólo mejora las características del suelo, además reduce los costos tanto económicos como ambientales de su eliminación (Mariano et al., 2021). Cuyas propiedades físicas de la arcilla tiene influencia registrando reducciones considerables en los límites de Atterberg, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la superficie específica, así tenemos que según Mariano et al. (2021) sus ventajas de uso son la utilización de este polímero como estabilizador de suelos expansivos consigue la doble función de reducir la expansión del suelo y dar un aprovechamiento a este subproducto.

En cuanto al Lignosulfonato (LS) este pertenece a una familia de polímeros orgánicos a base de lignina derivados de la industria del papel y el procesamiento de madera como subproductos, cuya producción mundial anual total de lignosulfonatos es de aproximadamente 1,8 millones de toneladas según lo investigado por Amulya et al. (2020), es así cuyos usos son para diversas aplicaciones, como dispersantes, aditivos para concreto, floculantes, absorbentes de metales, supresores de polvo en minería, antioxidantes, fertilizantes y aglutinantes en la construcción. Además, según lo expuesto por Amulya et al. (2020) aunque el lignosulfonato (LS) se utiliza en muchas aplicaciones, además de ser una sustancia química respetuosa con el medio ambiente, no corrosiva ni tóxica; todavía hay mucho margen para el consumo masivo en aplicaciones geotécnicas. Cuyas ventajas en sus usos son el potencial como estabilizador del suelo. se ha estudiado su resistencia al corte, a la penetración, a la erosión, las características de compactación y la durabilidad, además de la mejora de las

características geotécnicas del terreno tratados con lignosulfonato (LS), utilizando el lignosulfonato (LS) junto con el ácido sulfúrico en la estabilización del terreno, así como la mejora de la resistencia a la compresión libre de arena limosa tras el tratamiento con lignosulfonato (LS).

Por otro lado, de acuerdo a Suárez-Navarro et al. (2022) la arena granítica (GS) se considera principalmente una piedra ornamental, es decir el granito es un tipo de roca ígnea plutónica que se encuentra en la corteza terrestre con la fusión parcial de rocas preexistentes o como resultado de la cristalización fraccionada de magma cuyos componentes más destacados incluyen  $\text{SiO}_2$  (~75%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (~12%),  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  (~5%), que se encuentran junto con proporciones más pequeñas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$  [2], además de cuarzo, feldespatos alcalinos y plagioclasas son las fases mineralógicas mayoritarias, mientras que moscovita, anfíbol y biotita están presentes como minerales accesorio Suárez-Navarro et al. (2022) manifiesta que se usa en morteros de cemento, donde exhibe alta resistencia y durabilidad, así también como piedra ornamental en edificios, acueductos y otras estructuras de ingeniería civil desde la antigüedad también es aplicado hoy en día en la construcción y dada su solidez, baja permeabilidad y alta resistencia al desgaste, en encimeras, escaleras, barandillas y similares. Reutilizar y aprovechar cada vez más residuos, así mismo teniendo como propiedad de ser a menudo como sustituto del cemento o de los áridos finos o como relleno para mejorar las propiedades de esos productos, según los autores Suárez-Navarro et al. (2022) son varios estudios que respaldan la viabilidad tecnológica del uso de granito en la producción de morteros y hormigón sostenible en ausencia de otras alternativas o cuando el árido natural disponible es de muy baja calidad; es decir, que mejora la resistencia mecánica sin alterar su robustez ni su comportamiento en estado fresco, así como la resistencia a la compresión.

Hoy en día según Kumar y Kumar (2018) tenemos que el granito es una de las piedras dimensionales más deseadas disponibles en la India para proyectos de construcción, es un tipo de roca ígnea formada por el magma que se cristaliza lentamente debajo de la superficie terrestre. Los principales minerales presentes

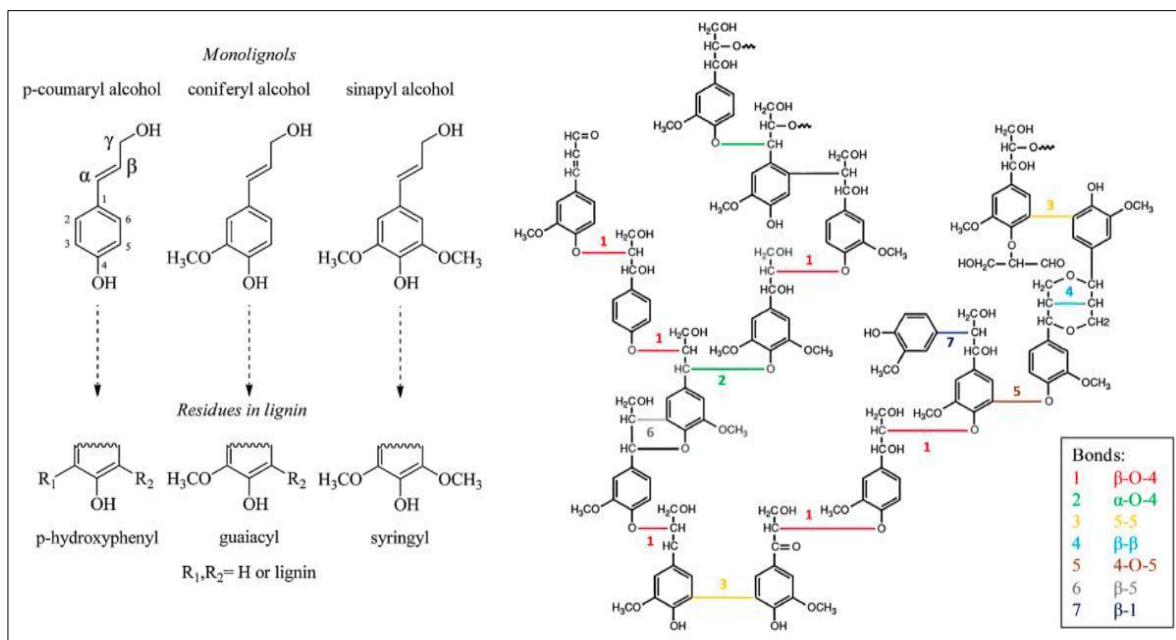


en el granito son el cuarzo y el feldespato. Del mismo modo Kumar y Kumar (2018) manifiesta que es usado para reemplazar el cemento en el hormigón hasta en un 7,5%, se incrementaron las características mecánicas, es decir, la resistencia a la compresión, la flexión y la tracción dividida, es así que puede ser una de las muchas opciones adecuadas para reemplazar la arena natural como agregado fino que podría tener potencial para reemplazar parcialmente la arena natural en el mortero, del mismo modo los residuos de la industria de las canteras y de la piedra (principalmente granito y mármol) se utilizan a menudo como sustituto del cemento o de los áridos finos o como relleno para mejorar las propiedades de esos productos. Kumar y Kumar (2018) en sus estudios respaldan la viabilidad tecnológica del uso de granito, mármol, diabasa basalto y otros lodos y relaves de cantera en la fabricación de morteros y hormigones sostenibles, también las rocas graníticas pueden utilizarse como áridos o relleno en morteros y hormigones de cemento en ausencia de otras alternativas o cuando el árido natural disponible es de muy baja calidad (con riesgo de inducir la reacción álcali-árido, por ejemplo). Sin embargo, de acuerdo a Kumar y Kumar (2018), no se han evaluado propiedades como la resistencia a la fuerza de tracción; resistencia adhesiva; el módulo elástico-dinámico y la velocidad del pulso ultrasónico.

Por otro lado, Ruwoldt (2020) considera a los indicadores de la dimensión del lignosulfonato de calcio (CLS) a la biosíntesis de lignina, tres unidades distintas de monolignol están interconectadas mediante reacciones de acoplamiento de radicales; es decir, p-cumarilo, coniferilo y alcohol sinapílico, estos monolignoles corresponden a las unidades fenilpropanoides de p-hidroxifenilo (H), guaiacilo (G) y siringilo (S). Por lo tanto, Ruwoldt (2020) expone que la estructura macromolecular de la lignina puede explicarse en términos de estas unidades de monolignol que se encuentran en una disposición poliramificada aleatoria acoplada por oxígeno y enlaces carbono-carbono. Siendo el enlace más común es el  $\beta$ -O-4 ( $\beta$ -aril éter), mientras que otros enlaces incluyen  $\beta$ -5,  $\beta$ - $\beta$ , 5-5, 5-O-4 y  $\beta$ -1; es decir, se considera que el enlace  $\beta$ -O-4 se escinde más fácilmente durante la fabricación de pulpa de biomasa de lignocelulosa, lo que tiene implicaciones tanto para el proceso como para el producto resultante. Así mismo Ruwoldt (2020) pone por caso que la lignina con unidades predominantemente G es más

resistente a la pulpa química que la lignina que contiene además unidades S, teniendo que esta última carece de un sitio de acoplamiento para la formación de enlaces carbono-carbono, del mismo modo teniendo que el proceso de separación de biomasa también puede afectar el tipo y la abundancia de enlaces entre monolignol, ya que la pulpa prolongada puede inducir la repolimerización, las llamadas reacciones de condensación, al mismo tiempo puede alterar la disponibilidad de grupos funcionales, ya que los grupos hidroxilo fenólicos se agotan; por lo tanto, el lignosulfonato (LS) se ve afectado en particular por las reacciones de condensación, lo que se refleja en la amplia distribución de pesos moleculares que se puede encontrar para este tipo de lignina.

**Figura 3.** Monómeros de lignina primarios y unidades de lignina correspondientes (izquierda) Estructura esquemática de la lignina de la madera blanda y los tipos de aglomerantes.



**Nota:** "A Critical Review of the Physicochemical Properties of Lignosulfonates: Chemical Structure and Behavior in Aqueous Solution, at Surfaces and Interfaces, Surfaces", Ruwoldt, J. 2020.

En efecto Ruwoldt (2020) así pues parte de la estructura original se conserva durante la separación de la lignina. Es decir, que la lignina técnica puede contener enlaces químicos y grupos funcionales como cetonas, enlaces éter, grupos hidroxilo

y metoxi, por ende, la preservación parcial de la estructura del monolignol produce abundantes grupos aromáticos (fenólicos) y unidades alifáticas residuales que pueden parecerse al fenilpropeno original. Por último, el tipo de proceso de separación o pulpa de biomasa afecta en gran medida a la abundancia de ciertos grupos funcionales, y también puede introducir funcionalidades adicionales.

**Figura 4.** Enlaces químicos y grupos funcionales que se encuentran comúnmente en la lignina técnica

Common functional groups found in technical lignin		
Ionizable groups <i>Frequently found in their salt form</i>	Polar groups <i>Usually oxygen containing</i>	Nonpolar groups <i>Skeletal hydrocarbons</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Sulfonate groups</li> <li>⇒ Phenolic hydroxyl groups</li> <li>⇒ Carboxylic acid groups</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Ether linkages</li> <li>⇒ Ketones</li> <li>⇒ Methoxy groups</li> <li>⇒ Aliphatic hydroxyl groups</li> <li>⇒ Aldehydes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Aromatic moieties</li> <li>⇒ Residual aliphatic units</li> </ul>

**Nota:** “A Critical Review of the Physicochemical Properties of Lignosulfonates: Chemical Structure and Behavior in Aqueous Solution, at Surfaces and Interfaces, Surfaces”, Ruwoldt, J. 2020

En cuanto al granito según los autores Suárez-Navarro et al. (2022), es una roca ígnea plutónica formada en la corteza terrestre con la fusión parcial de rocas preexistentes o como resultado de la cristalización fraccionada de magma, la cual en sus componentes más destacados incluyen  $\text{SiO}_2$  (~75%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (~12%),  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  (~5%), que se encuentran junto con proporciones más pequeñas de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$ . Cuarzo, feldespatos alcalinos y plagioclasas son las fases mineralógicas mayoritarias, mientras que moscovita, anfíbol y biotita están presentes como minerales accesorios, Suárez-Navarro et al. (2022) indica que además de las concentraciones de actividad de  $^{40}\text{K}$  y de las series de desintegración natural del uranio, torio y actinio son altas y la relación de masa

Th/U oscila entre 2,25 y 4,67 , es así que estas altas concentraciones de U y Th son una consecuencia directa de la formación de granito, ya que cuando las rocas de la corteza terrestre se fusionan, el U y el Th permanecen en una fase líquida y posteriormente son absorbidos en compuestos con una alta concentración de SiO<sub>2</sub>. Ni U ni Th están presentes en las principales fases mineralógicas del granito; así pues el granito se ha utilizado como piedra ornamental en edificios, acueductos y otras estructuras de ingeniería civil desde la antigüedad. Se sigue aplicando hoy en día en la construcción y dada su solidez , baja permeabilidad y alta resistencia al desgaste, en encimeras, escaleras, barandillas y similares. Finalmente, Suárez-Navarro et al. (2022) concluyen que las exigencias de sostenibilidad que exigen las sociedades modernas han llevado a intentar reutilizar y aprovechar cada vez más residuos, lo cual constituye una salida destacada para los residuos de fábricas y canteras de gres es su aplicación como materiales alternativos en la producción de mortero y hormigón.

**Tabla 4.** Composición química (% en peso) de OPC y agregado silíceo (S).

Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	ZnO	Others	Lol
OPC	19.36	4.42	2.62	62.32	1.86	0.94	0.09	0.16	3.23	0.23	-	-	2.75
S	96.80	1.50	0.40	0.10	-	0.60	-	-	-	-	0.04	0.09	0.60

Lol: Loss on Ignition.

**Fuente:** “Effect of particle size and composition of granitic sands on the radiological behaviour of mortars”, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Suárez-Navarro, J.; Alonso, M.; Gascó, C.; Pachón, A.; Carmona-Quiroga, P.; Argiz, C.; Sanjuán, M.; Puertas, F, 2022.

Al mismo tiempo Suárez-Navarro et al. (2022) determinan la **caracterización química y mineralógica de las piedras de granito** utilizando un espectrómetro Philips PW-1404 FRX equipado con un tubo de rayos X Sc-Mo sobre gránulos de polvo prensado preparados mezclando 0,1 g de elvacita (una resina) con 8 g de muestra previamente molida. a <63 µm. Es así que las mismas muestras se caracterizaron mineralógicamente en un difractómetro de rayos X Bruker AXS D8 Advance,, además de las fases mineralógicas detectadas se cuantificaron con análisis de Rietveld utilizando el software DIFFRAC-EVA.V4.2 y la Crystallography

Open Database (COD). Suárez-Navarro et al. (2022) utilizaron el software TOPAS5 para el ajuste del perfil del parámetro fundamental (FP), por otra parte, se prepararon muestras de sección delgada a partir de la fracción F5 de los tres granitos para su análisis bajo un microscopio óptico de luz reflejada Zeiss Axiotech, las imágenes fueron tomadas con polarización cruzada y una lente de aumento de 10x.

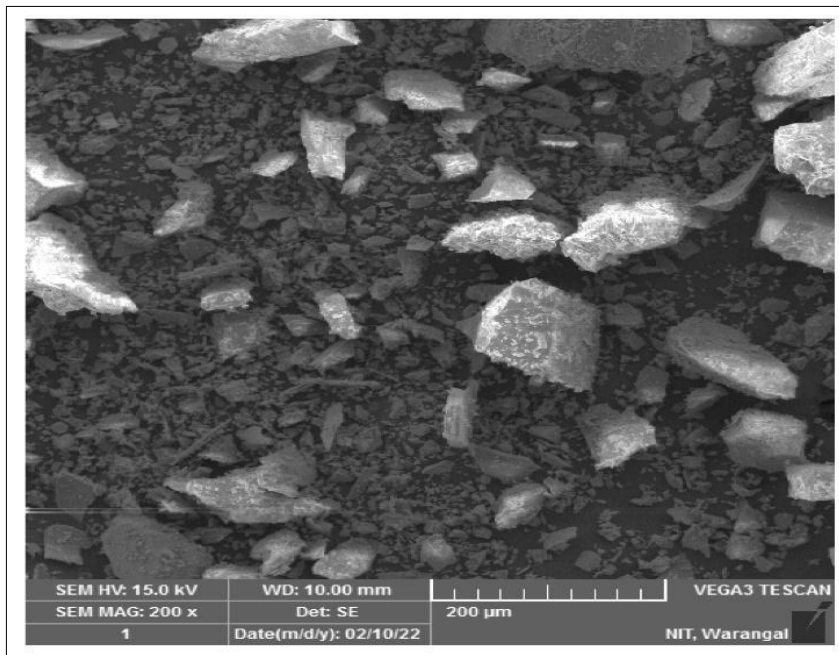
Respecto a los suelos cohesivos están ampliamente distribuidos, estos suelos pobres y/o débiles provoca daños en las estructuras e infraestructuras; reemplazarlos con materiales de alto rendimiento requiere movimiento de tierras en magnitudes grandes Amulya et al. (2022), en su artículo de investigación “Efecto acoplado de la arena de granito y el lignosulfonato de calcio sobre el comportamiento resistente del suelo cohesivo” la arena granítica (GS) es un subproducto obtenido de la etapa de trituración primaria de los áridos y/o agregados, material no plástico que se encuentra en canteras; clasificándose como arena mal graduada según la Norma ASTM D 2487; cuyas características y composición química de la arena granítica (GS) se describen, siendo esta de color gris, textura granular, irregular y angular como se ve en la micrografía electrónica de barrido (Figura 5).

**Tabla 5.** Características básicas y composición química de la arena granítica (GS)

CARACTERÍSTICAS	VALOR	COMPOSICIÓN QUÍMICA	VALOR (%)
Color	Gris	Sílice (SiO <sub>2</sub> )	53.06
Gravedad específica	2.72	Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6.16
Fracción de arena (%)	90	Oxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9.06
Arena gruesa	19	Oxido de calcio (CaO)	1.64
Arena media (%)	32	Oxido de Magnesio (MgO)	5.86
Arena fina (%)	39	Oxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.32
Tamaño medio de partícula (μ)	600	Oxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	1.37
Zona	3		
Clasificación SUCS	SP		
Densidad Seca Máxima (Kg/cm <sup>3</sup> )	2100		
Contenido óptimo de humedad (%)	8.3		
Ph	7.36		

**Fuente:** Extraído del artículo “Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil”, Amulya et al. (2022).

**Figura 5.** Imagen SEM de la arena granítica (GS)

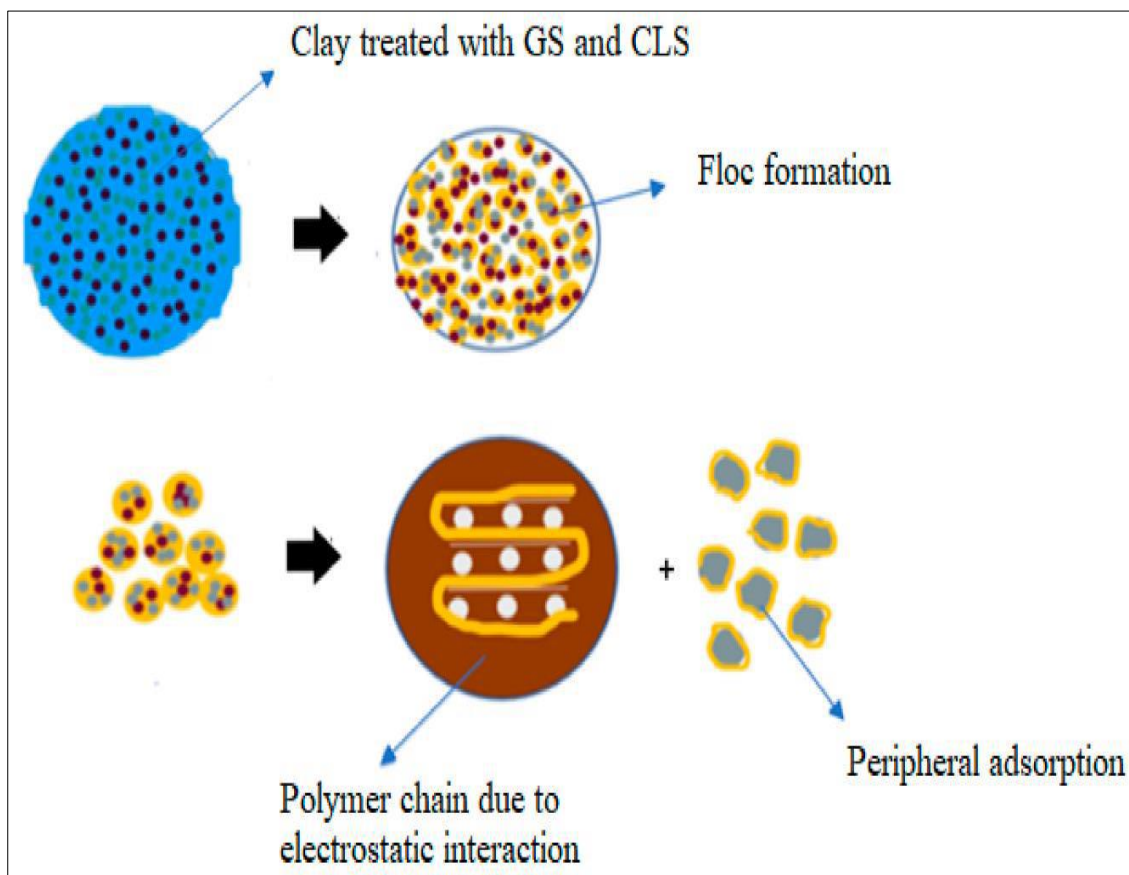


**Nota:** Se observa la microestructura de la arena granítica (GS). Tomado del artículo “Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil”, por Trigo C. I., 2023.

Asimismo, Amulya et al. (2022) en su artículo estudia al lignosulfonato de calcio (CLS) como un polímero que tiene su origen en la biología, cuya característica es un polvo amorfo de color amarillo-marrón de naturaleza hidrófila y contiene un anillo de benceno, además de su composición química que comprende carbono, oxígeno, azufre, calcio, sodio y potasio, por lo general los lignosulfonatos son solubles en H<sub>2</sub>O, aunque no se disuelven en disolventes orgánicos y el pH es 4,3 lo que representa un aditivo ácido. La masa molar del lignosulfonato de calcio (CLS) es 528,6 g/mol. Así mismo los autores Amulya et al. (2022) destacan el uso de este material para una variedad de propósitos. Uno de los más importantes es su uso como estabilizador de suelos, que mejora las características del terreno y disminuye los costos económicos y los impactos medio ambientales. Es decir, posee características de adhesión, dispersión y modificación de la tensión superficial de los líquidos, lo que ayuda como refuerzo para el mejoramiento y/o estabilización del terreno. Por lo indicado el lignosulfonato de calcio (CLS) es un material no tóxico, no corrosivo y no alcalino y no produce compuestos nocivos después de reacciones químicas.

Según Sharmila et al. (2021), en su artículo de investigación “Aplicación de lignosulfonato: un enfoque sostenible para mejorar la resistencia y el manejo del hinchamiento de suelos expansivos” la dependencia material a largo plazo de los recursos naturales ha causado un alto precio al medio ambiente y a la biodiversidad de los sistemas naturales, es así que para explorar la efectividad del uso de materiales no convencionales en aplicaciones geotécnicas, se empieza a realizar la aplicación de lignosulfonato de calcio (CLS) el cual es un subproducto de la industria papelera y se usa en estrategias para estabilizar el suelo en lugar de aditivos convencionales como cal, cemento y moscas. ceniza. Es así que los autores Sharmila et al. (2021) se centran utilizando lignosulfonato (LS) en proporciones que van del 0,5% al 3% y al 6% para estabilizar un suelo potencialmente expansivo.

**Figura 6.** Interacción del lignosulfonato de calcio (CLS) con arcilla y arena granítica (GS).



**Nota:** Sharmila, Bhuvaneshwari, & Landlin, “Application of lignosulphonate—a sustainable approach towards strength improvement and swell management of expansive soils”, 2021

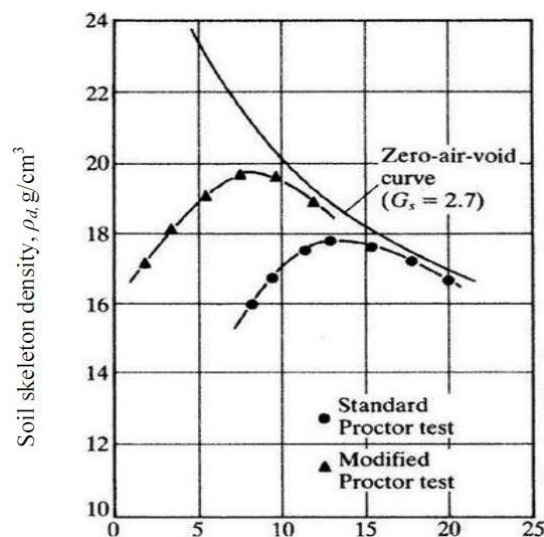
**Respecto a la Variable Dependiente, propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos:** Se considera diversas características intrínsecas del suelo, así tenemos el contenido de agua al que se puede compactar el suelo al peso unitario seco más alto utilizando el esfuerzo de compactación modificado se conoce como Optimo contenido de humedad ( $W_o$ ).

**Tabla 6.** Diferencia de principio de compactación PROCTOR estándar y modificada.

CARACTERÍSTICAS	PRUEBA DE COMPACTACIÓN ESTÁNDAR			PRUEBA DE PROTECCIÓN			PRUEBA DE PROCTOR MODIFICADA		
Peso del martillo, mm	127.4	120	125	200	120	125	200		
Diámetro del martillo, cm	10	10	15	25	10	15	25		
Peso de caída masa, kg	2.5	2.5	4.5	1.5	4.5	4.5	1.5		
Peso de caída altura de caída, cm	30	30	4.5	60	30	45	60		
Espesor de una capa empaquetada de una vez, cm	5-6	-	-	-	-	-	-		
Cantidad de capas de suelo	3	3	3	3	5	5	3		
Cantidad de golpes de martillo por capa	40	25	22	22	25	59	98		
Cantidad total de golpes	120	75	66	66	125	295	294		
Diámetro del sello, mm	100	50	75	75	50	75	125		
Energía impartida por el martillo para cada muestra.	-	0.6	0.6	0.6	2.7	2.7	2.7		

**Fuente:** Lvovska, T., Lytvynenko, T., & Kariuk, A. (2018). Soil compaction methods development. *Int. J. Eng. Technol*, 7(3), 636-641.

**Figura 7.** La comparación de las curvas de compactación entre la prueba de compactación PROCTOR estándar y modificada.



**Nota:** Lvovska, T., Lytvynenko, T., & Kariuk, A. (2018). Soil compaction methods development. *Int. J. Eng. Technol*, 7(3), 636-641.



La densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ), es el valor más alto que se registra o tiene un suelo cuando se compacta con una energía por volumen cuando está seco.

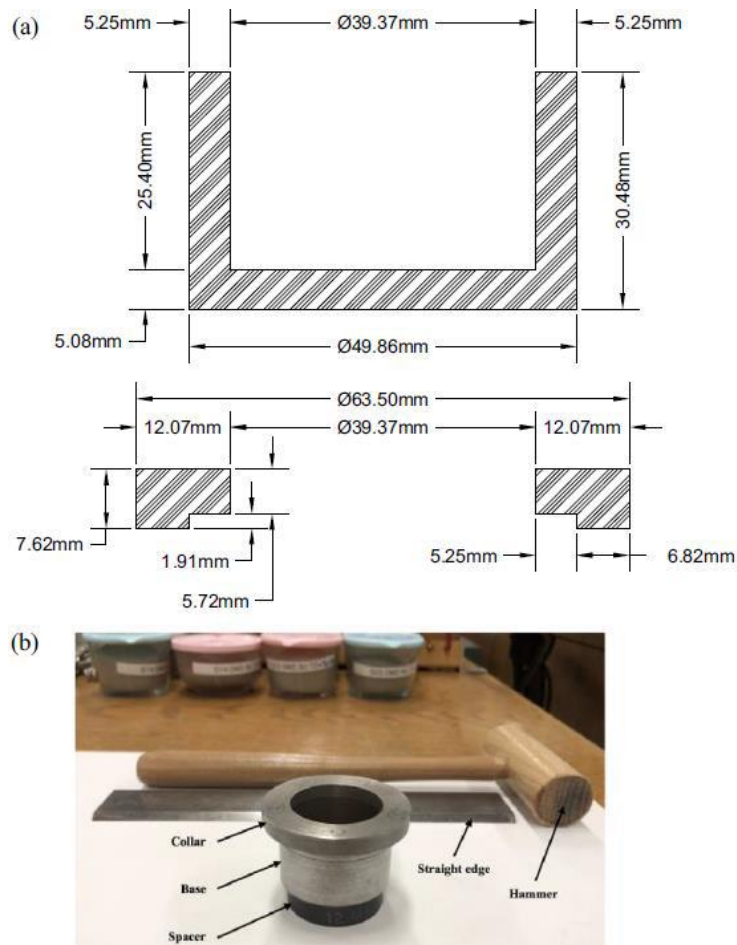
**Tabla 7.** *Compuestos de suelo y sus proporciones de vacíos mínimas y máximas determinadas por el método alternativo y el método estándar japonés*

Soil composite (FC)	Individual soil sample ID	Alternative Method				Japanese Standard Method	
		$e_{min, individual}$	$e_{max, individual}$	$e_{min, composite} \pm \text{std. error}$	$e_{max, composite} \pm \text{std. error}$	$e_{min, composite} \pm \text{std. error}$	$e_{max, composite} \pm \text{std. error}$
A (3%)	A-1	0.706	1.114	0.727 ± 0.010	1.147 ± 0.000	0.677 ± 0.003	1.131 ± 0.002
	A-2	0.730	1.139				
	A-3	0.709	1.161				
C (37%)	C-1	0.565	1.314	0.572 ± NA	1.279 ± NA	0.551 ± NA	1.220 ± NA
	C-2	0.575	1.293				
	C-3	0.577	1.205				
E (44%)	E-1	0.652	1.318	0.662 ± 0.006	1.376 ± 0.001	0.635 ± 0.000	1.332 ± 0.001
	E-2	0.659	1.357				
	E-3	0.668	1.425				
	E-4	0.644	1.439				
G (56%)	G-1	0.607	1.400	0.619 ± 0.004	1.444 ± 0.005	0.605 ± 0.001	1.379 ± 0.006
	G-2	0.647	1.512				
	G-3	0.618	1.467				
F (57%)	F-1	0.641	1.491	0.614 ± NA	1.496 ± NA	0.607 ± NA	1.423 ± NA
	F-3	0.612	1.477				
	F-4	0.619	1.553				
	F-2	0.641	1.649				
I (74%)	I-2	0.641	1.649	0.657 ± 0.009	1.781 ± NA	0.707 ± NA	1.650 ± NA
	I-3	0.626	1.745				
	I-4	0.644	1.786				
K (98%)	K-1	0.912	2.202	0.896 ± 0.015	2.224 ± 0.014	0.898 ± 0.004	2.039 ± 0.012
	K-2	0.845	2.096				
	K-3	0.890	2.188				
M (99%)	M-2	0.818	2.060	0.859 ± 0.002	2.197 ± 0.004	0.888 ± 0.029	2.010 ± 0.018
	M-3	0.807	1.912				
	M-4	0.828	2.049				
	M-1	0.818	2.060				

Note: NA = Not assessed.

**Fuente:** *Mijic, Z., Bray, JD, Riemer, MF, Cubrinovski, M. y Rees, SD (2021). Método de ensayo para densidades mínimas y máximas de pequeñas cantidades de suelo. Suelos y Cimentaciones, 61 (2), 533-540.*

**Figura 8.** (a) Dimensiones del molde alternativo y (b) herramientas adicionales utilizadas para realizar la prueba alternativa de densidad máxima.

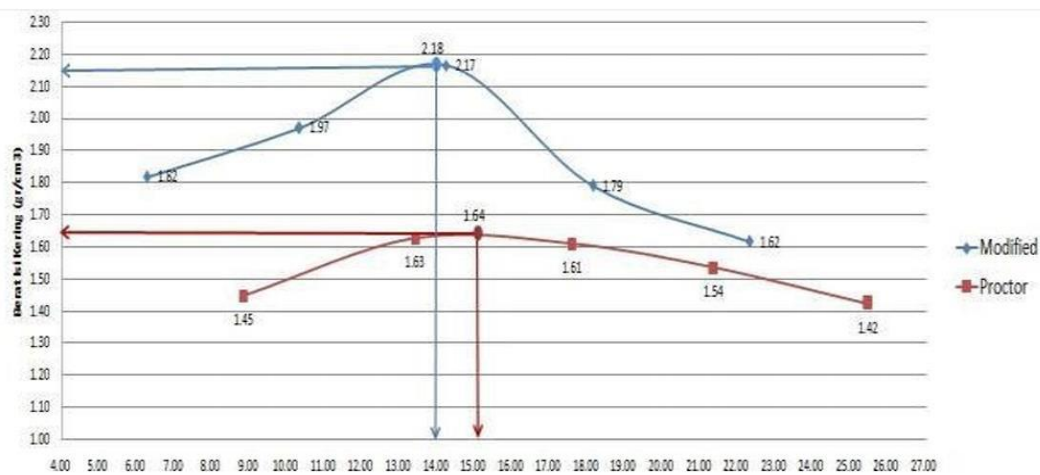


**Nota:** Mijic, Z., Bray, JD, Riemer, MF, Cubrinovski, M. y Rees, SD (2021). Método de ensayo para densidades mínimas y máximas de pequeñas cantidades de suelo. *Suelos y Cimentaciones*, 61 (2), 533-540.

Según la Normativa ASTM D 1557, (2021) menciona al ensayo de Proctor Modificado, en la presente investigación se enfoca en los procedimientos de compactación empleados en ambientes de laboratorio para la determinación de la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de los suelos, lo que se conoce comúnmente como la curva de compactación. Este proceso se lleva a cabo utilizando un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulgadas) de diámetro, dentro del cual se compactan los suelos con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que desciende desde una altura de 457 mm (18 pulgadas). Esta acción produce una energía de compactación equivalente a 2700 kN-m/m<sup>3</sup> o 56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>. Además, el suelo utilizado como relleno en ingeniería (terraplenes, rellenos de

cimentación y bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades de ingeniería satisfactorias, como resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad y permeabilidad. Además, Los suelos empleados como base para cimentaciones experimentan procesos de compactación recurrentes con el propósito de mejorar sus características. Estos procesos son fundamentados por los resultados de ensayos de compactación realizados en laboratorio, los cuales proporcionan la base para establecer el porcentaje de contenido óptimo de humedad ( $W_o$ ) y la densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ).

**Figura 9.** Gráfico de compactación PROCTOR modificada.



**Nota:** Hirebelaguly Shivaprakash, S. y Sridharan, A. (2021). Correlación de las características de compactación de las pruebas Proctor estándar y reducidas. Actas de la Institución de Ingenieros Civiles-Ingeniería Geotécnica, 174 (2), 170-180.

**Tabla 8.** Cotejo de resultados de compactación de la prueba supervisora estándar con la prueba supervisora modificada.

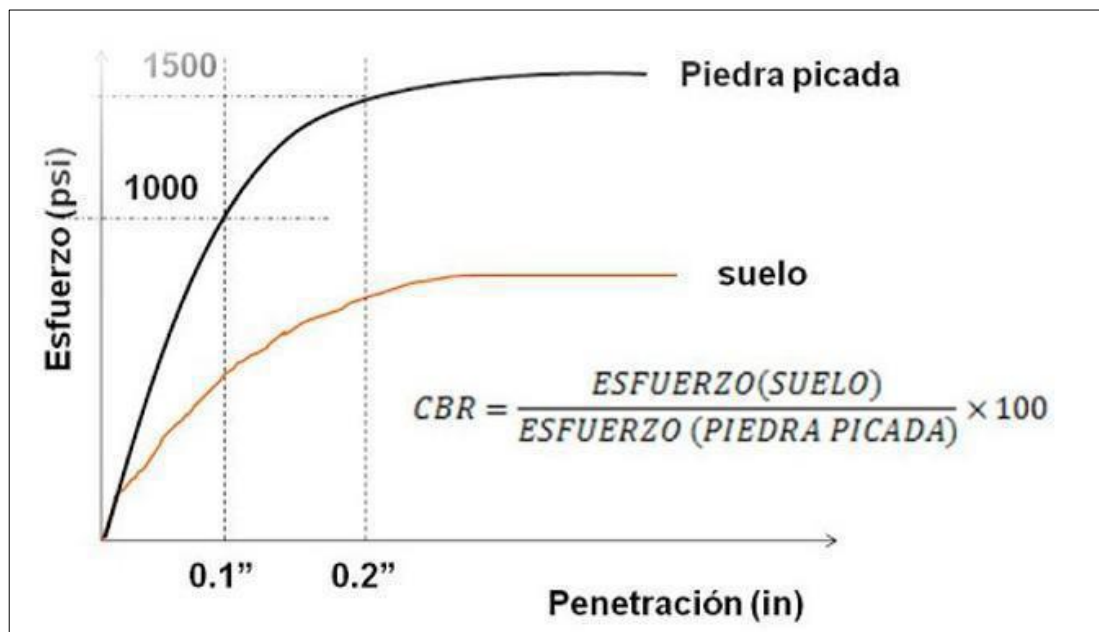
Value compaction	Standard proctor test	Modified proctor test
MDD ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.64	2.18
OMC (%)	15	13.8
Degree of field density (%)	97.31	73.54

**Nota:** Hirebelaguly Shivaprakash, S. y Sridharan, A. (2021). Correlación de las características de compactación de las pruebas Proctor estándar y reducidas. Actas de la Institución de Ingenieros Civiles-Ingeniería Geotécnica, 174 (2), 170-180.

Según (Sánchez, 2023) el CBR o Valor de la Relación de Soporte es una prueba que evalúa la resistencia de un material de suelo mediante la realización de pruebas en placas a escala. En definición, CBR se refiere a la relación de soporte de California, que se traduce en inglés como "California Bearing Ratio". Sin embargo, en países como México, este ensayo también se conoce como "VRS", que significa Valor Relativo del Soporte. Aunque el ensayo fue creado en 1925, los estándares estadounidenses ASTM (por American Standards for Testing and Materials) incluyen el ensayo desde 1964.

Según la normativa ASTM D 1883, (2023) el CBR es aquel test de carga que trabaja con un pistón de metal de 0.5 in<sup>2</sup> de penetración a una velocidad constante desde la sección de un suelo apisonado en un molde de metal. El parámetro del ensayo, CBR, es la relación entre la fuerza unitaria en el embolo requerida para penetrar 0.1" (0.25") y 0.2" (0.5") en el terreno ensayado. Esta relación se expresa en porcentaje (%).

**Figura 10.** Valor de la relación de soporte (CBR)



**Nota:** "Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad". Tomado por Trigoso C. I., 2023.

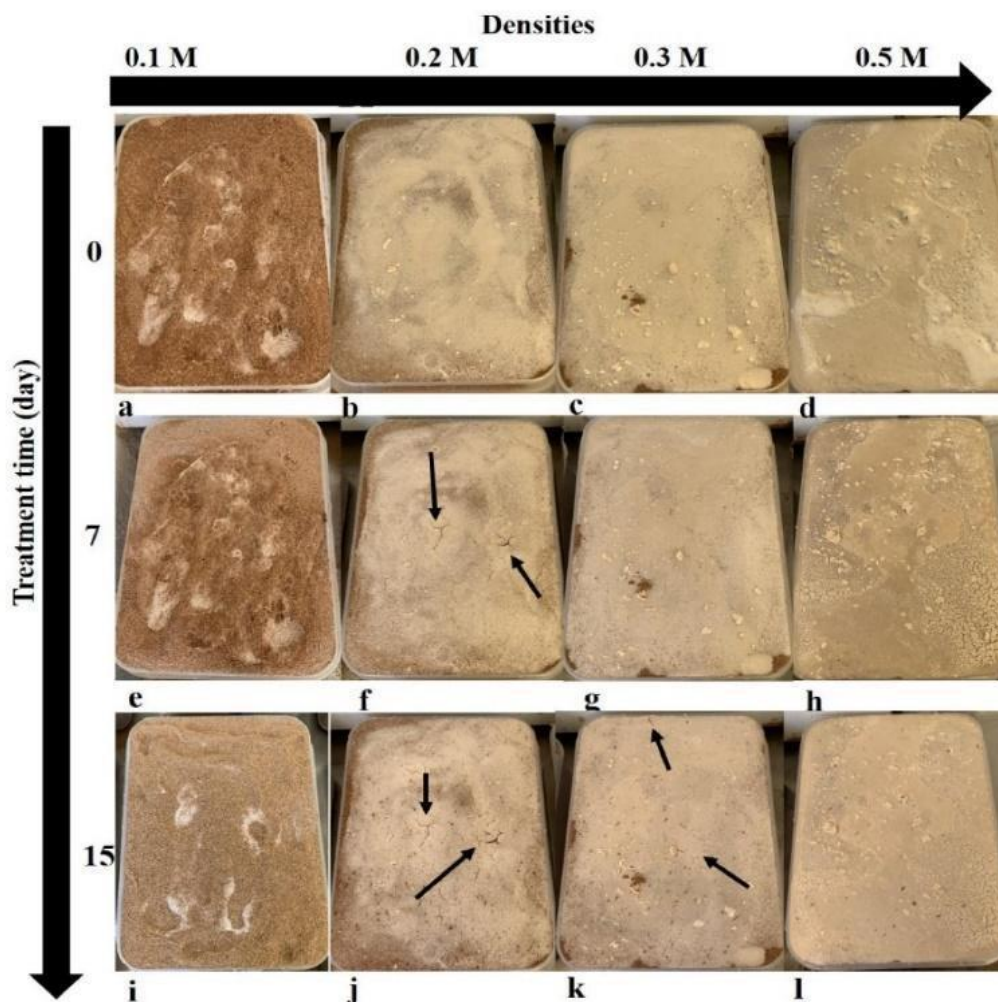
Según ASTM, (2022) hay dos versiones del análisis CBR en laboratorio: "CBR para humedad óptima y para un rango de contenidos de agua". La modificación más conocida se denomina CBR de tres puntadas, es el CBR para humedad óptima. Consiste en compactar el suelo con energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes por capa para producir tres especímenes. La humedad ideal del Proctor modificado es la humedad del suelo mezclado.

Para calcular el CBR, se crea una gráfica con las respuestas del ensayo de los tres especímenes, colocando en un plano cartesiano el nivel de apisonamiento y el valor de CBR en las ordenadas. Luego, se unen los puntos a través de una curva. El CBR del suelo es el intercepto correspondiente al grado mínimo de compactación especificado por el proyecto o la agencia solicitante. ASTM dice que esta variante está diseñada para suelos que no son susceptibles al humedecimiento (como suelos granulares limpios), pero se usa con frecuencia en todo tipo de suelos (corriendo el riesgo de no evaluar la influencia de la humedad en un suelo susceptible a la humedad). ASTM recomienda el CBR para un rango de humedad como "CBR de 15 puntos" y se recomienda para suelos susceptibles a la humedad (suelos cohesivos o todos los suelos no limpios) o para evaluar el impacto de la humedad en la resistencia. Según ASTM, se preparan diferentes especímenes de suelo compactándolos en niveles de contenido de agua similares a los que se espera que sean sometidos en el campo y a diferentes niveles de energía de compactación, generalmente entre 12 y 25 golpes por capa. Por lo que podemos concluir diciendo, el CBR es un ensayo que se puede evaluar y diseñar. Se evalúan las superficies de colocación de estructuras o subrasantes. Los suelos, por otro lado, se diseñan para ser utilizados como rellenos estructurales o como materiales de base y subbase de pavimento.

El mejoramiento de suelos es un trabajo que radica en excavar el subsuelo del terraplén o el suelo debajo de la cimentación, en parte o en su totalidad con material aprobado debidamente moldeado, acondicionado y compactación según esta especificación de acuerdo con las dimensiones, orientan y pendiente señaladas. Dependiendo de las especificaciones del proyecto, la mejora del suelo también se puede realizar mediante el uso de estabilizadores de suelo, teniendo

en cuenta las diferentes series de estabilizadores de suelo, así como las condiciones y procedimientos especificados en el Capítulo III Afirmados, para esta investigación tomaremos como modelo desarrollo la Sección 301C “Suelos Estabilizados con Productos Químicos” y Sección 301D “Suelos Estabilizados con Cloruro de Calcio del Manual de Carreteras: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION” (MTC, 2013).

**Figura 11.** Variación de la superficie de las muestras tratadas con 0,1 a 0,5 tratadas mediante el proceso MICP con diferentes densidades en distintos tiempos de curado. Las flechas muestran las grietas 7 y 15 días después del tratamiento Naeimi et al. (2023)



**Nota:** Naeimi, M., Chu, J., Khosroshahi, M. y Zenouzi, LK (2023). Estabilización de suelos para la fijación de dunas mediante precipitación de carbonato de calcio inducida microbianamente. *Geoderma*, 429.

En esta sección del “Manual de Carreteras: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION” (MTC, 2013). Esta operación implica la edificación de uno o más estratos utilizando materiales granulares seleccionados, los cuales pueden ser superficies naturales extraídas o procesadas, previamente autorizadas y con o sin la adición de agentes estabilizadores de suelo. Estos materiales, sujetos a aprobación, son adquiridos usualmente de canteras u otras fuentes autorizadas. El proceso incluye la distribución, transporte, disposición y compactación de los materiales de acuerdo a las especificaciones de orientación, inclinación y dimensiones establecidas en el proyecto y aprobadas por el supervisor, tomando en consideración las directrices delineadas en el plan de gestión ambiental. En el caso de caminos no pavimentados, el asfalto mencionado en esta sección suele emplearse como capa de rodadura habitualmente. La preparación de afirmados implica el empleo de materiales granulares naturales provenientes de excedentes de perforación, canteras o escorias metálicas, con o sin adición de estabilizadores, los cuales son especificados en el expediente técnico y aprobados por la dirección de la obra. Estos materiales pueden ser obtenidos también mediante la trituración de piedras y gravas, o constituirse como mezclas de diversos productos. Es esencial que las partículas de agregado sean resistentes, robustas, de larga durabilidad y libres de exceso de partículas planas, blandas o quebradizas, así como de cualquier presencia de materia orgánica, grumos de arcilla u otras sustancias dañinas. La limpieza de los materiales varía dependiendo de su aplicación específica. En el caso de transferir material afirmado al área de trabajo, se requiere humedecerlo y cubrirlo con una lona para prevenir la emisión de partículas que puedan comprometer la salud de los trabajadores y la comunidad circundante.

Los requisitos de calidad que debe cumplir el material deben encajar en uno de los siguientes rangos de tamaño de partícula **Tabla 9. Requisitos de los materiales, según rango de tamaño de partícula.** (Ver anexo)

La enmienda o mejoramiento del suelo también se puede lograr mediante la utilización de geotextiles. En ese caso, se aplica lo dispuesto en el Sección 414 “Separación de Suelos de Subrasante y Capas Granulares con Geotextil del

Manual de Carreteras: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN” (MTC, 2013). El trabajo consta de capas de geotextil y material granular se colocan en una superficie previamente preparada para evitar efectos de contaminación.

El material existente y/o material auxiliar debe ser de tal calidad que la capa de mejora cumpla al menos con los requisitos de cresta del talud. Esto significa que los materiales utilizados para construir la presa deben provenir de operaciones de excavación de movimiento de tierras, préstamos secundarios o fuentes aprobadas (canteras). No debe contener sustancias nocivas, así como material orgánico, u otras sustancias nocivas conforme a las especificaciones del proyecto y con el permiso del supervisor. Si por alguna razón solo hay material intumesciente en el área, el material intumesciente debe estabilizarse antes de la instalación. Por lo tanto, Los materiales que se utilizan para construir terraplenes cumplirán con los perfiles establecidos **Tabla 10. Requisitos de los materiales, por su composición de capas.** (Ver anexo)

El equipo utilizado para construir los terraplenes debe ser compatible con los métodos de construcción utilizados y debe contar con la aprobación previa del profesional responsable (PR) del sitio. Los dispositivos deben cumplir con los requisitos ambientales para las emisiones de contaminantes y ruido.

Los trabajos de mejora deben llevarse a cabo de acuerdo con los procedimientos señalados en la Sección del “Manual de Carreteras: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN” (MTC, 2013). Este trabajo se lleva a cabo solo cuando no llueve (precipitaciones pluviales), la temperatura ambiente es de al menos 6 ° C y el nivel de saturación presente en el terreno es inferior al límite líquido. También debe prohibirse cualquier tipo de impacto del tráfico sobre la capa en construcción. Hasta que se complete el apisonado, del espesor del estrato formada por el refinado no debe exceder los 30 centímetros. Sin embargo, 30 centímetros por debajo de la subrasante se forman con dos capas de 15 centímetros. En general, se dispone de todas las medidas, instalaciones, equipos y operaciones necesarias para avalar la seguridad y confort

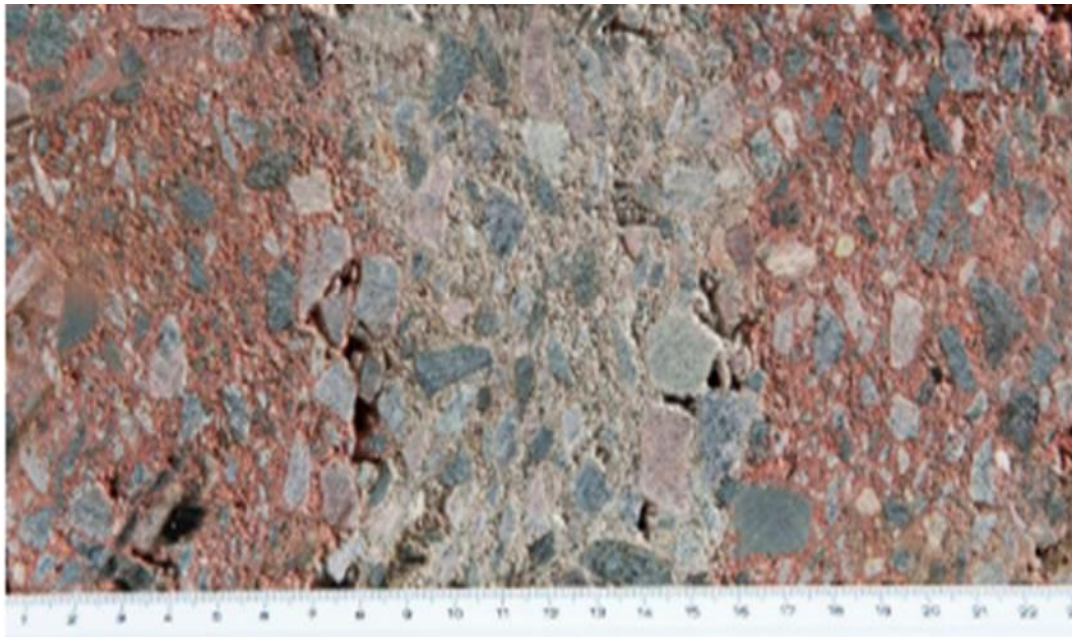


de los usuarios y para eliminar cualquier inconveniente o molestia que pueda ocasionarse por un inadecuado mantenimiento del tráfico o servicios de seguridad del tráfico, incluidos los trabajos de mejoramiento de suelos que desarrolla básicamente dos (2) actividades específicas como son la escarificación y la compactación. Cuando nos referimos a la escarificación, podemos decir que es la eliminación de cicatrices esta se realiza en áreas y profundidades determinadas por el administrador del proyecto o del sitio. Este trabajo no se refiere a profundidades menores de 15 centímetros y menores de 30 centímetros en ningún caso; Si fuese el caso de superar los 30 centímetros, se debe agregar material nuevo en capas y este material agregado debe compactarse. Las áreas donde el trabajo pueda afectar el drenaje o el refuerzo del suelo deben identificarse y tratarse específicamente. También como segunda actividad básica para el mejoramiento de suelos tenemos la compactación esta a su vez se deberá seguir las directivas a detalle esto para lograr la compactación mínima requerida de acuerdo con el Inciso 207.06 (b) (1) del “Manual de Carreteras: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN” (MTC, 2013). Para ello, es necesario seleccionar adecuadamente el área a trabajar, el tipo de máquina compactadora, la granulometría del material, el espesor de la capa, el número de pasadas del dispositivo, entre otros parámetros esto para cada zona. Las áreas correspondientes a la parte superior de los trabajos de drenaje o refuerzo del suelo deben marcarse y tratarse especialmente para evitar daños durante las operaciones de compactación. Antes del trabajo de compactación, es necesario verificar el uso del suelo adyacente. Si su infraestructura se ve afectada por esta actividad, debe evaluar la situación y anticiparse a la situación, incluida la de su hogar y sus usuarios, para evitar inconvenientes durante esta operación **Tabla 11. Características geotécnicas de un suelo natural cohesivo (Ver anexo)**

Según FAO. (2023) la palabra suelo, tradicionalmente es definida como un ambiente natural para la cosecha de vegetales. También se puede definir como un cuerpo natural compuesto por capas de suelo (estrato) compuestas de materia mineral meteorizada, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el resultado final del clima, el terreno, los organismos (plantas, animales y personas) y las materias

primas (rocas y minerales originales). Como resultado, el suelo difiere del material original en cuanto a sus propiedades, estructura, consistencia, color, propiedades químicas, biológicas y físicas. El suelo es esencial para la Tierra y el ecosistema. FAO. (2023) ambos conceptos en gran manera amplios incluyendo vegetación, agua y clima para la tierra, y consideraciones sociales y económicas para los ecosistemas.

**Figura 12.** Muestra dividida con estructuras internas de poros cerrados en los límites



**Nota:** Lindh, P. y Lemenkova, P. (2023). Experimentos de laboratorio sobre estabilización de suelos para mejorar los parámetros de resistencia del pavimento de carreteras. *Revista de Transportes y Telecomunicaciones*, 24 (1), 73-82.

De acuerdo con OSHA 3173-02R. (2023), el suelo puede clasificarse en expansivo o granular. El suelo expansivo está caracterizado por la presencia de partículas diminutas y una cantidad adecuada de arcilla para mantener su cohesión. Por otro lado, si el suelo exhibe cohesión, significa que contiene una proporción más alta de arcilla y es menos susceptible a deslizamientos. Los suelos granulares, por su parte, están compuestos por partículas más gruesas como arena o grava. En este tipo de suelo, la falta de cohesión puede requerir la implementación de medidas adicionales para prevenir su colapso, ya que no posee la misma capacidad de auto-sostenimiento que los suelos más cohesivos.

Según (Angulo, 2020), la estabilización del terreno significa elevar los parámetros mecánicos del suelo destinadas a optimizar sus características, la procesabilidad, la estabilidad del material y la resistencia al corte. Por un lado, también los suelos en condiciones de saturación y cambios climáticos severos se conoce como estabilidad, a la capacidad del suelo para soportar y resistir cargas sin mostrar signos de deformación o desgaste por el uso. Sin embargo, si el suelo no tiene propiedades óptimas para asegurar la estabilidad del suelo, se pueden utilizar otras técnicas, como el reemplazo de suelos, combinaciones de suelos y cambios en sus propiedades, lo cual se denomina Estabilización.

**Figura 13.** *Suelo granular*



**Nota:** Aygar, EB, Karahan, S., Gullu, S. y Gokceoglu, C. (2023). Análisis analíticos y numéricos del sistema de soporte de un túnel de gran luz en condiciones de terreno desafiantes y sísmicamente activas. *Geotecnología de infraestructura de transporte*, 10 (6), 988-1031.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación es aplicado debido a que se aplicara conocimiento de literatura existente, con el propósito de ahondar y dar respuesta a los problemas del sector productivo (Lozada, 2014). Por lo que, existen antecedentes que registran el alto índice de suelos inestables en trochas carrozables es así que al observar este indicador nace el deseo de encontrar soluciones que mejore las características mecánicas y físicas del suelo y al mismo tiempo sea económica. De otra parte, se sabe que en este tipo de investigaciones la teoría es la encargada de solucionar problemas de forma práctica, por lo que se basa en ideas y soluciones adoptadas para el propósito de la investigación (Fuentes et al., 2020) Para esta tipología de investigación se emplea frecuénteme en diversas líneas de la ingeniería; también cabe mencionar que el alcance de la explicación es congruente con este tipo de investigaciones (De la Rosa, 2018). En suma, la presente investigación es aplicada porque aplica conocimientos previamente establecidos, usa normativa asociadas a las características de los suelos, entre otros conocimientos teóricos.

El enfoque de investigación es cuantitativo, porque según Hernández et al. (2014), presenta un conjunto de procedimientos secuenciales y de prueba. Parte de una idea, se establecen objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se desarrolla un marco teórico. Se establecen hipótesis y variables de las preguntas, se crea un plan para probarlas, se miden las variables en un contexto específico, se analizan las mediciones obtenidas con estadísticas y se llegan a una serie de conclusiones. Es preciso señalar que los métodos cuantitativos se basan en conteos, mediciones y con frecuencia en el uso de estadísticas para descubrir tendencias en el comportamiento de la población, y utilizar la recopilación, análisis e interpretación de datos para dar respuestas a las preguntas de investigación, confrontar y probar hipótesis preestablecidas (Sánchez & Murillo, 2021). También, el enfoque cuantitativo tiene carácter de un enfoque más extenso en su uso del método, en ese sentido la técnica cuantitativa, tiene como finalidad cuantificar, es decir medir a través de la observación, el análisis, la medición de indicadores (Quispe & Villalta, 2020)

El diseño de investigación es cuasi experimental, este es una técnica para el control parcial, basado en la determinación de los elementos que podrían afectar su validez interna y externa. Es decir; El grupo patrón es comparable al grupo experimental; sin embargo, debido a que no han sido sometidos al tratamiento experimental, tienen un nivel nulo de la variable independiente. Por lo tanto, cualquier diferencia o discrepancia después del tratamiento entre el grupo patrón y el grupo experimental debe ser el resultado de esto. Un nivel de la variable independiente se aplica al grupo experimental. El proceso comienza con la descripción del problema, Luego se presenta la hipótesis, Posteriormente, se encuentran las fuentes, se recopilan datos sistemáticamente y se evalúan de manera objetiva. Por último, la hipótesis se verifica o se desmiente. Los resultados se interpretan de acuerdo con la opinión del investigador utilizando análisis estadístico (Palella et al., 2006). Entre las ventajas del diseño cuasi experimental, se establece que en el desarrollo de este diseño se pueden escoger grupos accesibles y ya determinados por cantidades específicas (Arancibia, 2019), en tal sentido, se busca aplicar la norma que solicita tres unidades de estudio, sin que ello conlleve a la aleatoriedad.

El alcance de la indagación es explicativo, y según Arias (2012) se enfoca en descubrir qué es lo que hace que un grupo específico de fenómenos complejos y delicados; es decir, se refiere "a la profundidad con la que se aborda un objetivo o fenómeno". Además, La investigación explicativa se utiliza para descubrir cómo o por qué ocurre un fenómeno (Rey, 2021). Por lo tanto, este tipo de investigación generalmente es una de las primeras etapas del proceso de investigación y sirve como punto de partida para futuras investigaciones (Iglesias, 2021). Este tipo de investigación busca explicar una variedad de aspectos de cualquier estudio (Rebollo & Ábalos, 2022). En este alcance de investigación, el investigador parte de una idea general y utiliza su investigación como una herramienta para crear temas para el futuro (Arancibia, 2019).

### 3.2 Variables y operacionalización

Las variables son elementos o factores que se clasifican en diferentes categorías porque se pueden medir o cuantificar según sus propiedades o características; además, varios autores señalan que la variable es algo que "cambia" o que puede asumir diferentes valores en un momento o circunstancia específica. Es así como Kerlinger (2002) la define como la capacidad de aceptar múltiples valores. Para Arias (2012) Debido a que una variable es una cualidad susceptible de ser alterada, un sistema de variables está conformado por un conjunto de características operacionalizadas. Además, las variables son atributos o características de un concepto mientras que los indicadores son métodos para medir o cuantificar variables (como las propiedades de los suelos cohesivos al ser sometidos a un estabilizador) (Magsamen & Dillon, 2020). Asimismo, la operacionalización se considera como el proceso de transformar conceptos abstractos en variables e indicadores cuantificables, tales como el óptimo contenido de humedad ( $W_o$ ), Densidad Máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) y CBR (Javdanian & Lee, 2019). La falta de hipótesis no significa que no haya variables en la investigación Palella et al. (2006) Una variable tiene un nivel de abstracción que impide su uso en la investigación como tal; por lo tanto, hay que operacionalizar (Kohv & Lukason, 2021). También, los efectos sobre la variable dependiente establecen la viabilidad de la investigación (Kohv & Lukason, 2021).

- Variable Independiente;

Es el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS).

- Variable Dependiente;

Son las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos.

Las variables, son el pilar fundamental de la propuesta de preguntas de investigación e hipótesis, desarrollándose como sigue **Tabla 12. Variables de estudio en propuesta de hipótesis.** (Ver anexo)

Operacionalización de variables, se conoce como la asignación definiendo una variable y describiéndola en términos observables y comprobables para que la

pueda identificar con mayor o menor precisión; es así que se determina por la medida en que los indicadores expresan el concepto que buscan representar. De esta manera, la definición conceptual de las variables y los indicadores están estrechamente relacionados. Es decir, el proceso de determinar los indicadores que caracterizan o tipifican las variables de una investigación para hacerlas observables y medibles con cierta precisión y facilidad se conoce como operacionalización de variables (Palella et al., 2006). El propósito de la operacionalización de variables implica eliminar la ambigüedad en la documentación y la investigación definiendo todas las variables importantes para su uso en el siguiente paso de la investigación (Dihigo, 2021). También se dice que los autores primero deben comprender esta variable, que puede ayudar a predecir el efecto del estudio y usarse en estudios futuros (Otero, 2018)

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

Una **población** es la totalidad de las personas, especies, objetos o medidas de interés potenciales sobre las que se realiza un estudio. Las poblaciones pueden ser infinitas o finitas en número (Goodman, Bradley, & Clarkson, 2020). De darse todos los miembros de una población finita y pequeña se pueden medir para obtener un conocimiento preciso de los parámetros de esa población Pulido et al. (2012). Además, la población es la cantidad total de participantes estudiados en un área específica durante un período de tiempo determinado (Fidalgo & Alonso, 2023). También se puede establecer que una población de análisis es una gran cantidad de individuos u objetos que se establece como el lente principal de la investigación científica (Kassam et al., 2020). Del mismo modo, la investigación se lleva a cabo sobre todos los aspectos de interés público. Sin embargo, si se trata de un grupo grande, los investigadores frecuentemente no evalúan a todos los objetos de estudio porque es muy costoso y requiere demasiado tiempo (Pitta, 2021). Asimismo, la población es un indicador de poder, riqueza y recursos humanos para el investigador (Sušnik & Van der Zaag, 2017).

Dado que la **población objetivo** representa toda la población que cualquier estudio pretende examinar, es importante definir este grupo, también denominado población teórica (Leyk et al., 2019). Asimismo, en un estudio de evaluación que

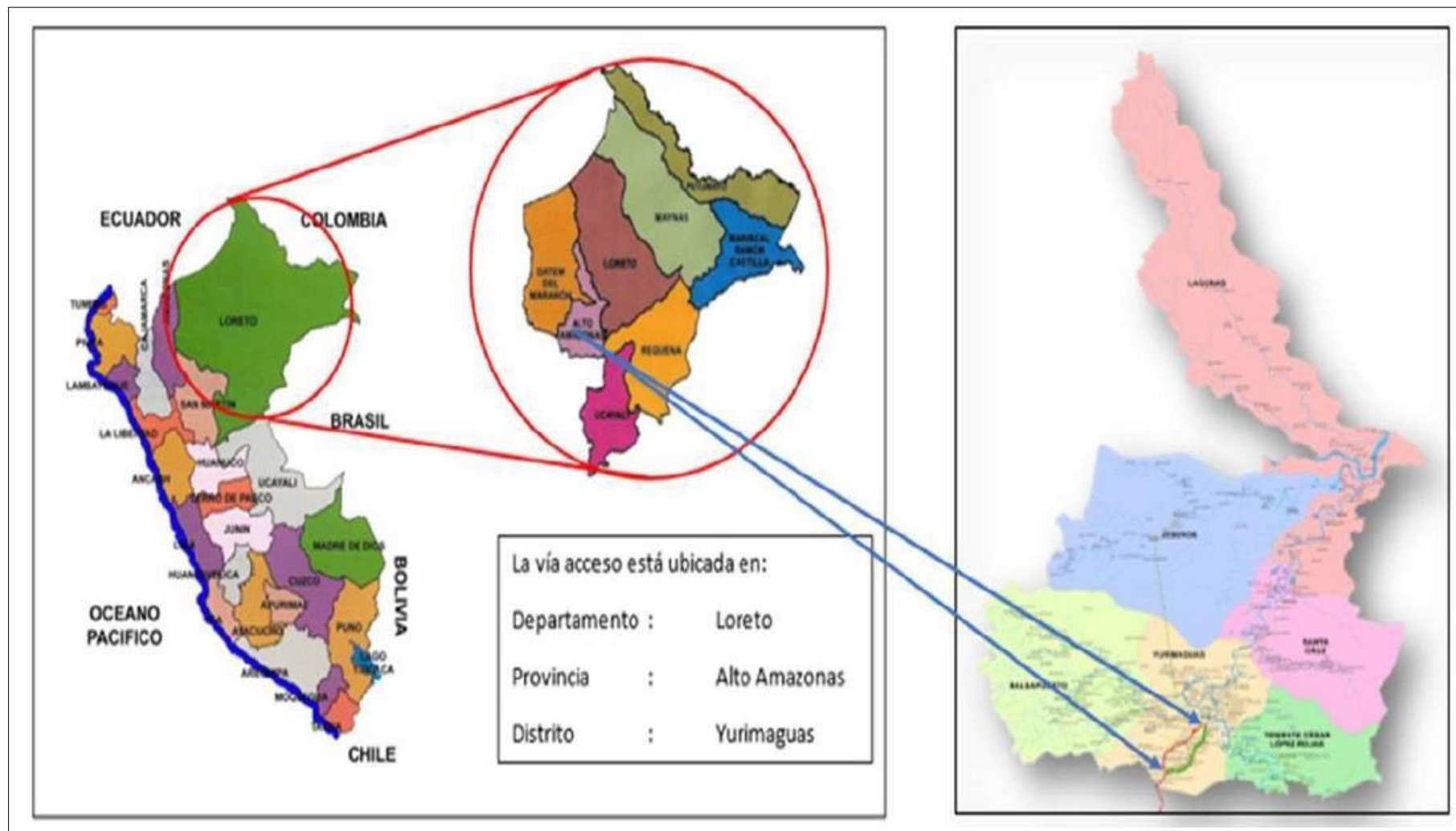
demostrará sus efectos sobre los resultados académicos en la población objetivo (por ejemplo, entre las muestras de suelo cohesivo) (Yeager & Dweck, 2020). En tal sentido, una población objetivo es un determinado grupo de la población que comparte características similares y se identifica como el público objetivo de un estudio (Gkartzonikas & Gkritza, 2019). En suma, la población de la que se extrae la muestra se denomina población objetivo, esta es relevante que todos los individuos tienen las características necesarias para extraer datos (Modena et al., 2019). Para la presente investigación, la población objetivo está enmarcada en una carretera que se clasifica por su función como Carretera de la Red Vial Vecinal o Rural y de clasificación por demanda como Trocha Carrozable la misma que tiene una longitud de 31 784 metros lineales (31+784 Km ), está constituye la red de carreteras en el ámbito local que conecta las capitales de provincias con las capitales de distritos y centros poblados o zonas de influencia local como son Ruta LO-545 con trayectoria: Emp. PE-5N B - Túpac Amaru - Roca Fuerte - Emp. PE-5N B y estas a su vez con las redes viales nacional y departamental o regional. Por lo que, la investigación se centrara sobre tramos donde se tenga suelos cohesivos, el cual a la fecha no cuenta con ningún tipo de intervención; para ello, se plantea un programa de investigación en estos tramos críticos, aplicando el baremo “ASTM D 420-18, Guía estándar para la caracterización del sitio con fines de diseño y construcción de ingeniería” y su equivalente en el Perú la Normativa MTC E 101, Muestreo de suelos y rocas”.

**Tabla 13.** *Ubicación de la carretera en estudio*

TRAMO N°	Región Geográfica		SISTEMA DE REFERENCIA		
1	Selva		DATUM: WGS 84, Hemisferio Sur, Zona y Huso 18 M, Sistema de Coordenadas UTM		
Dirección	Ubicación	(**) Longitud	UTM Norte Y	UTM Este X	(*) Elevación
Inicio (Desde)	Yurimaguas	31 784	9346472	377156	151.00
Fin (Hasta)	Grau		9328874	362001	151.00
(*) Representa el valor de la ELEVACION y/o ALTURA en m.s.n.m					
(**) Representa el valor del Área en METROS.					
<b>Fuente:</b> <i>Elaboración propia</i>					



Figura 14. Plano de ubicación y localización



**Nota:** Se observa donde se ubica y localiza la presente investigación. Tomado del proyecto de inversión pública, por Trigo C. I., 2023.

**Figura 15.** Camino vial vecinal ruta LO-545



**Nota:** El camino vial vecinal ruta LO-545 (red departamental, RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 621-2018 MTC/01.02), Esta ruta tiene la siguiente Trayectoria: Emp. PE-5N B - Túpac Amaru - Roca Fuerte - Emp. PE-5N B. Tomado del proyecto de inversión pública, por Trigoso C. I., 2023.

Una **muestra** se define como aquel subconjunto que deriva de una población y/o universo de donde se recolectarán datos siendo representativo de esta, la misma que se desarrolla por razones de economía, tiempo y recursos; no obstante, para generalizar los resultados y establecer parámetros, es necesaria una representación de la población Hernández et al, (2014). Además, una muestra es un conjunto de datos más pequeño elegido o seleccionado de una población más grande mediante el uso de un método de sesgo de selección predefinido. (Bhardwaj, 2019). También una parte de la población de estudio se conoce como muestra cuidadosamente seleccionado para reflejar sus características. Los investigadores probaron este grupo más pequeño y manejable y llegaron a conclusiones que pueden generalizarse a grupos más grandes (Polit & Beck, 2019). Finalmente, los autores señalan que una muestra debe seleccionarse para garantizar que refleje con precisión la diversidad y las características relevantes de la población objeto de investigación.

En esta investigación se tomará los tramos más desfavorables o críticos de la trocha carrozable con presencia de suelos cohesivos, la misma que será en una longitud de 3000 metros lineales (3+000 Km); a través de excavaciones (Calicatas), cuya separación básicamente está en función de los rasgos de los materiales subyacentes de la ruta según su clasificación por demanda **Tabla 14. Numero de calicatas y/o pozos de prueba para exploración de suelos (Ver anexo)**; para lo cual, en esta investigación se aplicará lo establecido en la Norma “ASTM C702/C702M-18, Práctica estándar para reducir muestras de agregado al tamaño de prueba o su equivalente en el Perú la Normativa MTC E 103, Reducción de muestras de campo a tamaño de muestra de ensayo”. Sobre la base de una muestra patrón en peso del suelo, la propuesta de mejoramiento y/o estabilización de las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos es a través de la dosificación y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2% 4% y 6%.

Los trabajos de campo tendrán como objetivo explorar el subsuelo, mediante la ejecución y/o realización de tres (3) excavaciones (calicatas) a cielo abierto y a una profundidad de 1,50 metros ubicados estratégicamente en el área de investigación.

**Tabla 15.** *Número de puntos de investigación (calicatas)*

<b>CALICATAS</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>UBICACIÓN</b>
C-1	1.50 m.	Ruta LO-545, Loreto, 2023
C-2	1.50 m.	Ruta LO-545, Loreto, 2023
C-3	1.50 m.	Ruta LO-545, Loreto, 2023

**Fuente:** *Elaboración propia*

Por lo tanto, se realizarán ensayos de Módulos de Resiliencia (MR) o ensayos de CBR sobre muestras representativas de la subrasante para correlacionarlos con las ecuaciones de MR. La cantidad de ensayos requerida dependerá del tipo de camino establecido en el “MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, (2016)”

**Tabla 16.** *4.2 Numero de ensayos MR y CBR. (Ver anexo)*

Sin lugar a duda la importancia con la que se debe atender estos casos, con referencia a la magnitud de la investigación, se aplicará lo establecido en la Norma “ASTM D4220/D4220M-14 Prácticas estándar para la conservación y el transporte de muestras de suelo y su equivalente en el Perú la Normativa MTC E 104 Conservación y transporte de muestras de suelos” y la Norma “ASTM D1587/D1587M-15, Práctica estándar para el muestreo de suelos con tubos de paredes delgadas para fines geotécnicos y su equivalente en el Perú la Normativa MTC E 127, Muestreo de suelos inalterados (Superficiales) para suelos cohesivos”. Por lo que, se tendrá en cuenta los tipos de muestras **Tabla 17.** *Tipo de muestras. (Ver anexo)*

Es decir, las muestras se almacenarán en recipientes cerrados para evitar la pérdida de muestras, esto con el fin de determinar la humedad natural, las

cantidades de muestras crudas y procesadas estará sujeto al criterio del Profesional Responsable (PR) del estudio, por lo que se recomienda que sean en cantidades tal como se establece **Tabla 18. Aplicación y limitación de los ensayos.** (Ver anexo)

El **muestreo** se conceptualiza como el proceso de seleccionar un grupo de individuos de una población para estudiarlas y caracterizar dicha población en su conjunto según Ochoa, (2015). Es decir, el muestreo consiste en seleccionar grupos específicos de personas que se consideran representativas para facilitar la investigación o determinar características de la población (Polit & Beck, 2019). Entonces se puede establecer que el muestreo es un proceso de análisis estadístico en el que un investigador obtiene un número predeterminado de observaciones de una población. (Bhardwaj, 2019).

En esta investigación el muestreo es no probabilístico, el cual, a diferencia del muestreo probabilístico, Cada miembro de la población tiene una probabilidad diferente de participar en el estudio cuando se utiliza un método de muestreo no probabilístico (Rodríguez & Vergara, 2023). Además, los autores señalan que cada miembro del grupo no tiene una probabilidad de ser seleccionado, ya que se estable la muestra en base a procedimientos normados. En suma, un muestreo no probabilístico (a veces muestreo no probabilístico) es una rama del muestreo que utiliza medios aleatorios para seleccionar un grupo de unidades de estudio (Moreta & Molina, 2022). En ese sentido, como resultado del análisis e interpretación de las Normas Nacionales e Internacionales con referencia a muestras se tiene desarrollar tres (3) calicatas, doce (12) muestras de estas se analizarán veinticuatro (36) especímenes o ensayos. Posteriormente encontrándonos en el laboratorio se aplicará los parámetros establecidos para las muestras tomadas en el sitio según la Normativa “MTC E 105, Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo) del MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES R.D. N°18-1016-MTC/14”. Es decir, se reducen al tamaño de muestra requerido para la inspección utilizando métodos que minimizan la variabilidad en las características evaluadas entre las muestras de campo y de prueba.

Este estudio utilizará el Método B: Cuarteo, que está diseñado para disminuir la cantidad de las muestras recolectadas en el campo a un tamaño suficiente para realizar varias pruebas de caracterización de materiales y medición de calidad. (Zapana, 2022). Además, con la aplicación del Método B: Cuarteo se asegurará que la parte más pequeña de la muestra de prueba sea tan representativa del material como la muestra más grande tal como se especifica en el “MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, (2016)”. Además, considerando que la cantidad de suelo obtenida durante el muestreo es grande, la muestra debe homogeneizarse y dividirse por el Cuarteo (dividida en 4 partes) para reducir el volumen (Bautista, 2022). Por otro lado, se debe determinar las características adecuadas para la unidad de análisis, cuyas características se quieren cuantificar (Kyngäs et al. 2020). Además, los autores señalan que la unidad de análisis es una parte relevante en el diseño de la investigación, además es el contenido principal analizado por el investigador. También la unidad de análisis en la investigación servirá para extraer datos que se aplicarán en estadística descriptiva para cada variable a través de programas o sistemas de cómputo (Montenegro, 2023).

Como unidad de análisis y/o estudio se tiene al espécimen de suelo del cual se extraerá las características físico-mecánica de los suelos cohesivos adicionando a una muestra patrón en porcentajes de base y peso del suelo; la propuesta de mejoramiento y/o estabilización de las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos es a través de la dosificación y/o adiconamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2% 4% y 6%.

**Tabla 19. Muestra y unidad de análisis**

ENSAYOS DE LABORATORIO			ENSAYOS ESPECIALES		
CALICATA	MUESTRA	NORMA APLICABLE	Ensayo de Compactación Proctor Modificado		Valor de Relación de Soporte CBR
			Optimo Contenido de Humedad (W <sub>o</sub> )	Peso Unitario Seco Máximo ( $\gamma_{dmax}$ )	NTP 339.145, ASTM D 1883, MTC E 132 Número Golpes 12, 26 y 55 Grado de Compactación 95% - 100 %
C-1	M-1	SUELO COHESIVO O PATRON	1	1	1
	M-2	80% SC + 20 % GS + 2 % CLS	1	1	1
	M-3	80% SC + 20 % GS + 4 % CLS	1	1	1
	M-4	80% SC + 20 % GS + 6 % CLS	1	1	1
C-2	M-5	SUELO COHESIVO O PATRON	1	1	1
	M-6	80% SC + 20 % GS + 2 % CLS	1	1	1
	M-7	80% SC + 20 % GS + 4 % CLS	1	1	1
	M-8	80% SC + 20 % GS + 6 % CLS	1	1	1
C-3	M-9	SUELO NATURAL O PATRON	1	1	1
	M-10	80% SC + 20 % GS + 2 % CLS	1	1	1
	M-11	80% SC + 20 % GS + 4 % CLS	1	1	1
	M-12	80% SC + 20 % GS + 6 % CLS	1	1	1

<b>N° DE CALICATAS</b>	<b>3</b>
<b>N° MUESTRAS</b>	<b>12</b>
<b>N° ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	<b>36</b>
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

Para el desarrollo de investigaciones se aplican diversas herramientas de investigación para recopilar datos. Los más populares son entrevistas, encuestas, grupos focales y fuentes secundarias, sin embargo, para una investigación ingeniería se destaca a las observaciones como las técnicas más frecuentes, las cuales tienen su base en los ensayos de laboratorio Cisneros et al. (2022). Además, se refiere a la metodología de investigación, al proceso o método específico para recopilar datos o información (Arias, 2012). Donde, las herramientas de recopilación de datos son las herramientas y técnicas que utiliza para recopilar y registrar información sobre proyectos de investigación (Piza et al., 2019).

La investigación tiene como técnica la *Observación sistemática y/o estructurada* a través de métodos y procedimientos referidos en el “MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, (2016)”, debido a que implica visualizar o capturar sistemáticamente cualquier suceso, fenómeno o circunstancia que se presente en la naturaleza o en la sociedad de acuerdo con los objetivos de la investigación (Arias, 2012).

Respecto a la *Validez* del instrumento, es la medida en que un dispositivo realmente mide la variable a medir (Hernández et al., 2014). En este sentido, la validez es el grado en que un instrumento mide lo que se supone que debe medir. Para obtenerlo se debe comparar el instrumento a utilizar con el valor ideal del objeto medido, cuyo valor ideal corresponde al valor de la variable o subvariable López et al. (2019). Para la presente investigación se aplicará todo lo establecido en la “NORMA GENERAL MTC E 001, (2013)”. Esta regula las condiciones que deben cumplir los técnicos de laboratorio, así como los equipos necesarios para realizar ensayos y presentar informes.

La confiabilidad de los instrumentos es el grado en que un dispositivo de medición produce resultados consistentes y uniformes (Hernández et al., 2014). Además, con la confiabilidad se establece el grado en que un instrumento genera los mismos resultados en diversos ensayos (Gani et al., 2020). En ese sentido, la



investigación se registrará a lo establecido por él (INACAL) debido a que es el líder a nivel nacional en cuanto a calidad, normas técnicas, certificaciones y metrología. Certificados de Calibración de Equipos e Instrumentos (*Ver anexo*)

**Tabla 20.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

TECNICAS	INSTRUMENTOS	FUENTES
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	Ficha de registro	NTP 339.141, ASTM D 1557 MTC E 115
Ensayo Valor de la Relación de Soporte CBR	Ficha de registro	NTP 339.145, ASTM D 1883 MTC E 132

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.5 Procedimientos:

Para lograr con eficiencia y eficacia los objetivos planteados, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La forma más fácil y práctica de determinar las propiedades del subsuelo es realizar estudios de campo en varios puntos del área en investigación.
- Se deberá recopilar e indagar sobre información referente a estudios básicos de ingeniería como topografía, geología y geotecnia desarrollados en la zona o localidades cercanos al área en investigación, así como posibles problemas geológicos y geotécnicos.
- Extracción y amplificación de muestras para que puedan ser enviadas al laboratorio.
- Aplicación de ensayos de laboratorio como los ensayos estándar y especiales.
- Análisis e interpretación tanto de datos como de resultados obtenidos en campo y de los ensayos de laboratorio.

**Figura 16.** Camino vial vecinal ruta LO-545, caracterizado por sus suelos cohesivos



**Figura 17.** Camino vial vecinal ruta LO-545, reconocimiento del área en estudio.



La aplicación de las técnicas de investigación se lleva a cabo dentro del marco de la investigación de campo consistentes en la excavación de pozos de campo convenientemente distribuidos según el objeto de la investigación.

Con base en lo anterior, en el procedimiento de sus tres (3) etapas de la investigación: (a) Estudio de Campo a través de excavaciones (Calicatas), (b) Aplicación de ensayos de laboratorio como los ensayos estándar y especiales, (c) Análisis e interpretación tanto de datos como de resultados obtenidos en campo y de los ensayos de laboratorio; Aplicando las normativas vigentes en el territorio peruano (Normativa NTP, MTC) y su equivalente norma internacional (ASTM).

**Figura 18.** (a) *Ejecución de calicatas y/o pozos de prueba para exploración de suelos*



**Figura 19.** Aplicación Normativa “MTC E 101, Muestreo de suelos y rocas”.



**Figura 20.** Recolección de muestras.



También desarrolla la descripción e identificación del suelo en base a procedimientos visuales estandarizados alineados a la NTP 339.150 y su equivalente ASTM D 2488, la descripción tiene como propósito proporcionar información adicional sobre algunas propiedades relevantes del suelo, como el color, el olor, la forma de las partículas del suelo y otras propiedades. El alcance de este procedimiento proporciona una primera visión general de algunas propiedades del suelo. Esto sirve como información preliminar y como parámetro para comparar resultados de campo y laboratorio.

**Figura 21.** Calicatas ejecutadas en campo.



Cada muestra se identifica por la profundidad a la que se tomó o recolecto. Se colocará identificaciones dentro de los recipientes o bolsas, se procederá al cierre en forma segura, se tendrá cuidado al momento de su manipulación, también se marcará exteriormente con un identificador permanente.

Por lo expuesto se aplicará la Normativa MTC E 108, Método B: Cuarteo, que está diseñado para minimizar el tamaño de la muestra recolectada en el campo a un tamaño adecuado para realizar diversos ensayos de caracterización de materiales y medición de calidad (Zapana, 2022).

Figura 22. Aplicación Normativa MTC E 108, Método B: Cuarteo



Las propiedades físico-mecánicas de las muestras recolectadas en los sitios de prospección y muestreo, en esta etapa del estudio de campo se conocen mediante la aplicación y desarrollo de pruebas de laboratorio estándar y especiales, como se detalla **Tabla 21. Ensayos de laboratorio.** (Ver anexo)

**Para los Ensayos de Granulometría,** los procedimientos de prueba están basados en los criterios de la “NTP 339.128: Método de prueba para análisis del tamaño de partículas”. En base a esto, en primer lugar, dividimos el material y posteriormente pesamos alrededor de 500 gramos del material agrietado. Después se procede a lavar el material por medio del tamiz calibre 200 con el objeto de retirar los finos. Después el material se seca en un horno de temperatura controlada a 110 °C. Después del secado, se inicia el trabajo de tamizado con los calibres que van desde 75 mm (3"), hasta 0,075 mm (No. 200).

Por último, en base a registros del peso de material en cada malla se procedió a la evaluación de granulometría determinándose suelos como del tipo ML, MH, entre otros. Entre los ensayos de análisis granulométrico para la calicata C-3 en sus estratos 2 y 3, se tiene (**Tabla 22.**) *Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos y/o muestra patrón. C-1, C-2 y C-3.*

**Para los Test de Contenido de Humedad,** los procedimientos de prueba están basados según lo indicado por el “NTP 339.127: Métodos de prueba para la determinación del contenido de humedad del suelo”. En tal sentido, en primer lugar, se tamiza la arcilla por el tamiz No. 40 para obtener una muestra de 200 g y luego registrar el peso y la gravedad específica del material húmedo con el objeto de los siguientes análisis. Se desarrollo el procedimiento para el cálculo del contenido de humedad. Después las muestras se ubicaron en un horno eléctrico de temperatura controlada a 110°C durante 12 horas. Transcurrido el tiempo especificado, se retira del horno y se registra el peso y volumen del material seco.

**Para los Ensayos del Limite Líquido**, se desarrolla el procedimiento de ensayo alineado con la “NTP 339.129: denominado: Método de prueba para la determinación de cantidad de limite líquido, plástico e índice de plasticidad de suelos”. Posteriormente la masa de suelo se tamizó primero con la malla núm. 40 para conseguir 200 g. Posteriormente se combinó con agua destilada para lograr una muestra adecuada para ser sometida a pruebas de laboratorio. Después se ubicó una cantidad de muestra en una copa casa grande. Después se hizo ranuras verticales a lo largo del arco con una máquina ranuradora. Luego se giró el manubrio hasta que las dos mitades se encuentren en 13 milímetros. Además, se registró el número de golpes con que se cierra la ranura, después quite el material de contacto con una espátula y cuantifique el contenido de humedad. Para culminar considere la relación entre el contenido de humedad y el número de golpes, además trace la información para obtener tres o más puntos que formen una línea. Por último, se cuantifico entre los ensayos de limite líquido para cada calicata C-1, C-2 y C-3 y los respectivos estratos 2 y 3, entre ellos se tiene **(Tabla 22.)** *Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos y/o muestra patrón. C-1, C-2 y C-3.*

**Para la cuantificación del Limite Plástico**, La NTP 339.129 basa el procedimiento de ensayo siguiente: Metodología de ensayo para medir límites líquidos, límites plásticos e índices de plasticidad del suelo. Como resultado, se tomó una masa de 20 gramos de suelo preparado previamente para la prueba de limite líquido, de la cual se tomaron 2 gramos para formar una masa elipsoidal. Esta masa se enrolló entre la palma de la mano y los dedos sobre una placa de vidrio esmerilada hasta obtener hilos de 3,2 mm de diámetro. La formación de hilos y la masa elipsoidal se repite hasta que aparecen fisuras cuando el diámetro del suelo alcanza los 3,2 mm. Proceda a tomar dos muestras de 6 gramos y proceda a cuantificar el contenido de humedad. La media aritmética de ambas muestras se establece como el limite líquido. Por último, se cuantifico entre los ensayos de limite plástico para cada calicata C-1, C-2 y C-3 y los respectivos estratos 2 y 3, entre ellos se tiene **(Tabla 22.)** *Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos y/o muestra patrón. C-1, C-2 y C-3.*



**Figura 23.** Granulometría, proceso de tamizado y registro de datos para la determinación de tipo de suelo.



**Figura 24.** Contenido de Humedad, tara y determinación de peso húmedo.



Figura 25. Limite Liquido - Plástico e Índice de Consistencia, muestras representativas.



Figura 26. Ensayo para establecer la muestra seca y su registro.



**Figura 27.** *Limite Plástico, proceso de formación de hilos y masa elipsoidal, se repite hasta que aparecen fisuras.*

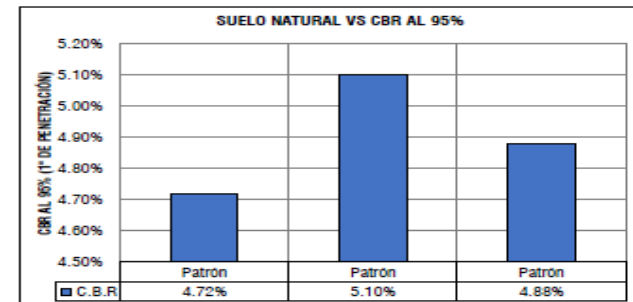
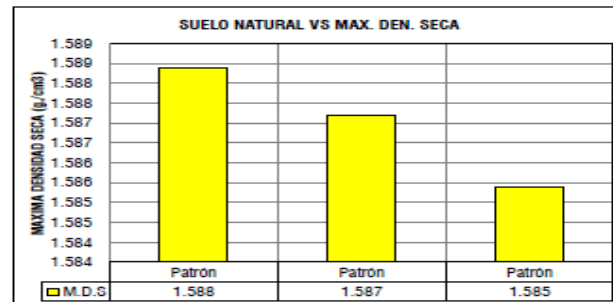
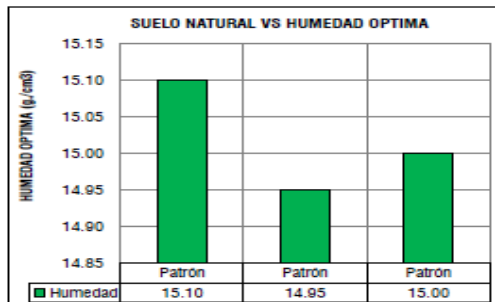


**Para la Clasificación Unificada de Suelos en el campo de estudio**, una forma sencilla de determinar las propiedades del suelo es el primer paso para resolver un problema de ingeniería de suelos y luego usar esos valores en fórmulas racionales para obtener la respuesta al problema. Por estas razones, tiene mucho sentido clasificar los suelos en grupos con un comportamiento similar. Con base en los resultados, se clasifican diferentes tipos de suelo según el sistema de clasificación SUCS y AASHTO. Consiguiendo el perfil estratigráfico por punto investigado basado en el trabajo de campo y los resultados de las pruebas de laboratorio.

Si se requiere una clasificación precisa de los suelos con fines de ingeniería, se debe utilizar “NTP 339.134 Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería”, que incluye pruebas de laboratorio. Además, aplica la “NTP 339.162 y su equivalente ASTM D 420, para la caracterización de sitios con fines de diseño de ingeniería y construcción”. Es decir, se toma una muestra de suelo representativa de cada material requerido para el estudio. El tipo de muestra y el tamaño requerido de la muestra dependerán de la prueba que se realice y del porcentaje de partículas gruesas presentes en la muestra **Tabla 22.** *Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos y/o muestra patrón. C-1, C-2 y C-3.*

**Tabla 22.** Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos y/o muestra patrón. C-1, C-2 y C-3.

Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 339.127)	Análisis Granulométrico Por Tamizado (NTP 339.128)				Límite de Consistencia (NTP 339.129)			Clasificación		Nivel Freático o Filtración de agua (m)	Proctor Modificado (NTP 339.141)		CBR (California Bering Rabo) NTP 339.145		Categoría de Subrasante CBR 0.1° de Penetración
					% Pasa Tamiz N° 4	% Pasa Tamiz N° 10	% Pasa Tamiz N° 40	% Pasa Tamiz N° 200	Límite Líquido (L.L.)	Límite Plástico (L.P.)	Índice de Plasticidad (I.P.)	AASHTO	SUCS		Max. Densidad Seca	Humedad Óptima	Al 100% de la Max. Densidad Seca	Al 95% de la Max. Densidad Seca	
C-1	E-2	0.20 - 0.60	Patrón	32.54	100.00	99.81	98.88	98.12	43.05	31.69	11.37	A-7-5(15)	ML	N.T					
	E-3	0.60 - 1.50	Patrón	52.72	100.00	99.84	93.31	80.58	59.30	37.14	22.16	A-7-5(21)	MH		1.588	15.10	8.95	4.72	S1 Subrasante Insuficiente
C-2	E-2	0.18 - 0.55	Patrón	36.53	99.86	99.75	98.39	90.71	44.10	32.27	11.83	A-7-5(14)	ML	N.T					
	E-3	0.55 - 1.50	Patrón	49.78	99.79	99.63	96.58	91.47	55.95	39.68	16.28	A-7-5(21)	MH		1.587	14.95	10.26	5.10	S1 Subrasante Insuficiente
C-3	E-2	0.20 - 0.70	Patrón	39.49	99.63	99.51	97.49	89.69	46.92	35.56	11.36	A-7-5(14)	ML	N.T					
	E-3	0.70 - 1.50	Patrón	51.51	99.73	99.57	95.68	89.62	56.99	39.78	17.21	A-7-5(21)	MH		1.585	15.00	9.46	4.88	S1 Subrasante Insuficiente



Fuente: Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.

### **3.6 Método de análisis de datos:**

Es el conglomerado de técnicas que se utiliza para distribuir la información y procesamiento de datos para el desarrollo de la investigación. Por lo que; se considera pruebas y ensayos que determinen el tipo de suelo tales como: Contenido de humedad natural, Granulometría, Limite líquido, Limite pastico, Índice de consistencia, Clasificación unificada de los suelos, Optimo contenido de humedad, Máxima densidad seca y CBR los cuales serán procesados e interpretados los datos y resultados obtenidos en campo y de los ensayos de laboratorio a través de hojas excel de formato (.xls). También se usó el software SPSS Statistics para el análisis estadístico de resultados.

### **3.7 Aspectos éticos:**

La investigación se desarrolla de acuerdo con el RCU N°083-2016/UCV, el Código de Ética y Derechos de Autor de la Universidad Cesar Vallejo establece responsabilidades éticas y legales. Así mismo, se cuenta con Certificación CONCYTEC: Conducta Responsable en Investigación (*Ver anexo*)

#### **IV. RESULTADOS**

**Desarrollo de objetivo específico respecto al uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), y su influencia en la compactación de suelos cohesivos en la ruta LO-545.**

**Objetivo específico 1:** Identificar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el óptimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.

**Objetivo específico 2:** Identificar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en la densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.

Se procederá en primer lugar a elaborar las diversas combinaciones entre el suelo cohesivo, con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

Este estudio tiene en cuenta el objetivo específico el grado de compactación como parámetro importante en el desarrollo de la estabilización; por lo que el procedimiento de prueba se alinea a la Normativa "NTP 339.141, ASTM D 1557 y MTC E 115". Además, se utilizará la energía modificada como parte del método de ensayo para compactar el suelo en el laboratorio.

##### ***Lineamientos de desarrollo de especímenes***

Para el desarrollo del ensayo, en base a norma se elaboró cuatro probetas de suelo. En tal sentido, para la elaboración de los especímenes se usó el tamiz de calibre N°4, determinándose que un peso menor al 20% quedó retenido en la malla 4, después se aplicó el método A y se siguió con el pesado de tres kilogramos de la muestra. También se contempló el adición de Lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%. Simultáneamente, se elaboró una muestra patrón en condiciones naturales inalteradas en base a lineamientos anteriores.

**Figura 28.** Combinación de 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS) para calicata C-1, C-2 y C-3.



Posteriormente, se procede a realizar la compactación de cada espécimen, aplicando cinco capas de espesor similar, sometiendo a cada muestra 25 golpes. En tal sentido, para compactar se aplica un pistón manual, a una altura de 17 pulgadas, con una fuerza de 10 libras.

**Figura 29.** Compactación del espécimen con aproximadamente 25 golpes en 5 capas y pistón manual 10 libras.



**Figura 30.** Compactación del espécimen en 5 capas aproximadamente con 25 golpes en calicata C-1, C-2 y C-3.



Posteriormente a la compactación de la muestra, se retiró con cuidado el collar y se enrazó cualquier irregularidad en la superficie del molde.

Finalmente, se registraron las masas de la muestra que se compactó, el molde y la placa base para realizar cálculos adicionales. Para culminar se retira el material del molde para obtener su contenido de humedad. En tal sentido, se obtuvo los siguientes datos de Máxima densidad seca y Humedad óptima.

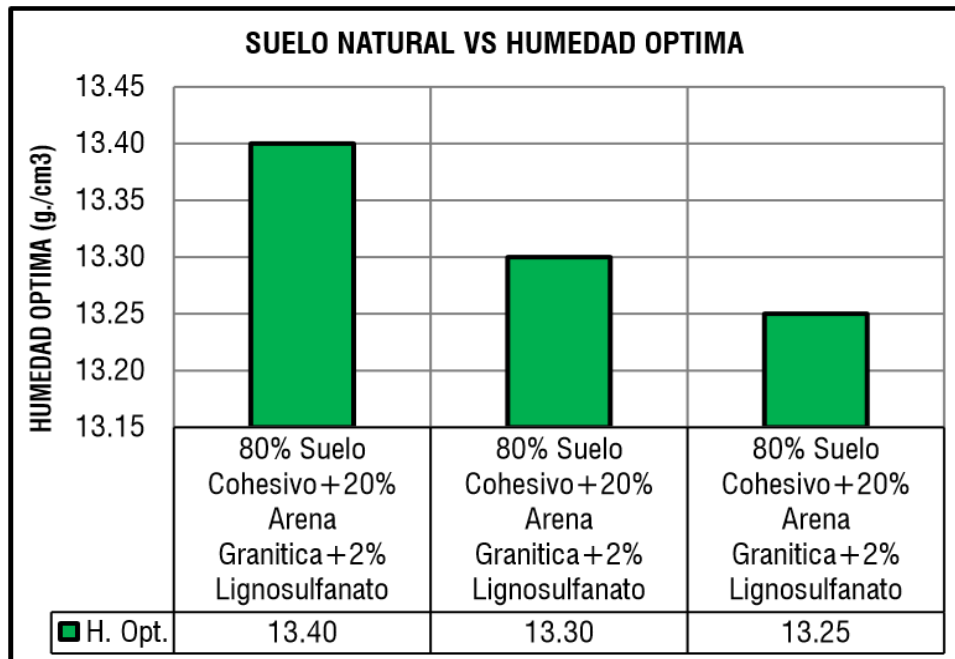


**Tabla 23.** Resultados Máxima Densidad Seca y Humedad Optima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS).

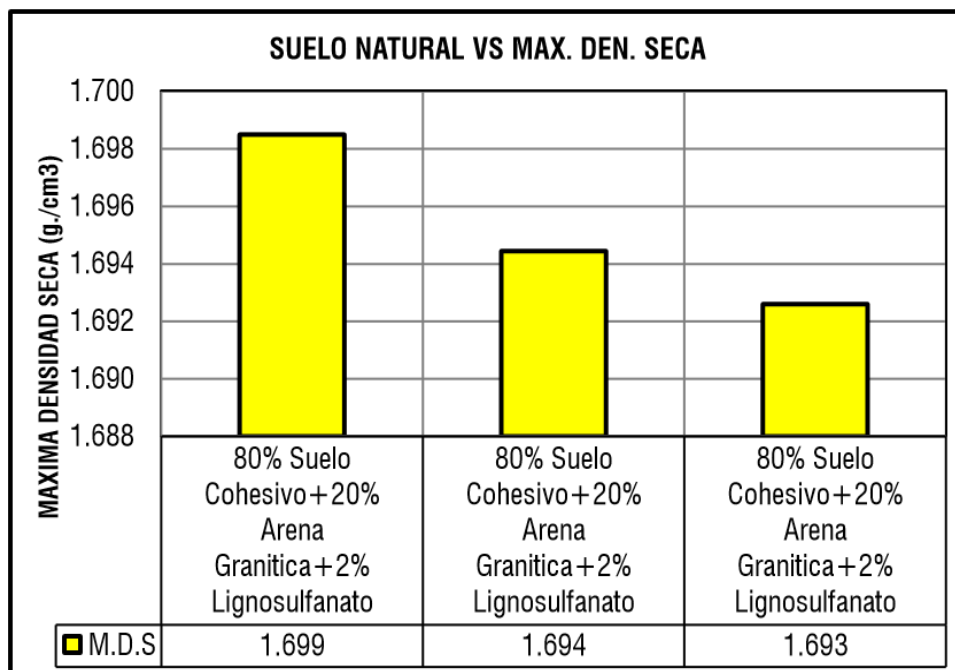
Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	Proctor Modificado (NTP 339.141)		Categoría de Subrasante
				Max. Densidad Seca	Humedad Optima	CBR 0.1" de Penetración
C-1	E-3	0.60 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,699	13,40	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,694	13,30	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,693	13,25	S3 Subrasante Buena

Fuente: Elaboracion Propia

**Figura 31.** *Humedad Óptima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)*



**Figura 32.** *Máxima Densidad Seca con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)*

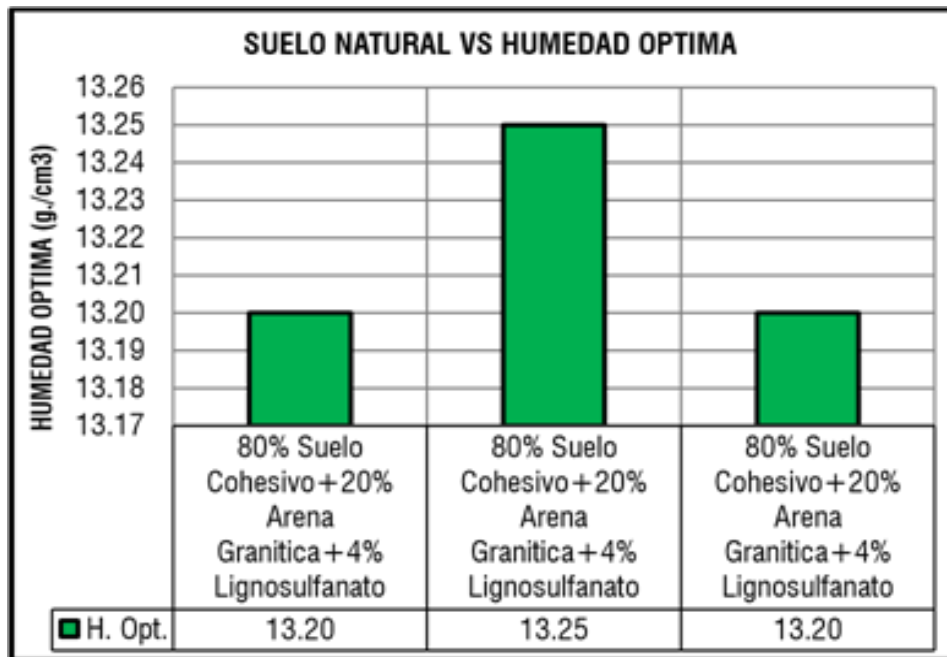


**Tabla 24.** Resultados Máxima Densidad Seca y Humedad Óptima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS).

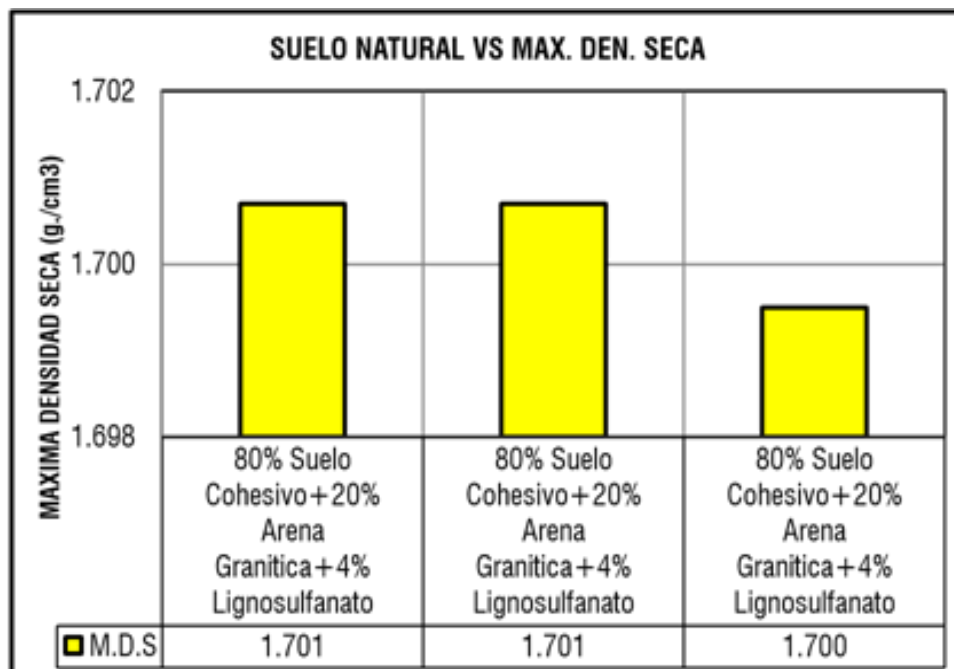
Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	Proctor Modificado (NTP 339.141)		Categoría de Subrasante
				Max. Densidad Seca	Humedad Óptima	CBR 0.1" de Penetración
C-1	E-3	0.60 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,701	13,20	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,701	13,25	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,700	13,20	S3 Subrasante Buena

Fuente: Elaboracion Propia

**Figura 33.** Humedad Óptima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)



**Figura 34.** Máxima Densidad Seca con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)

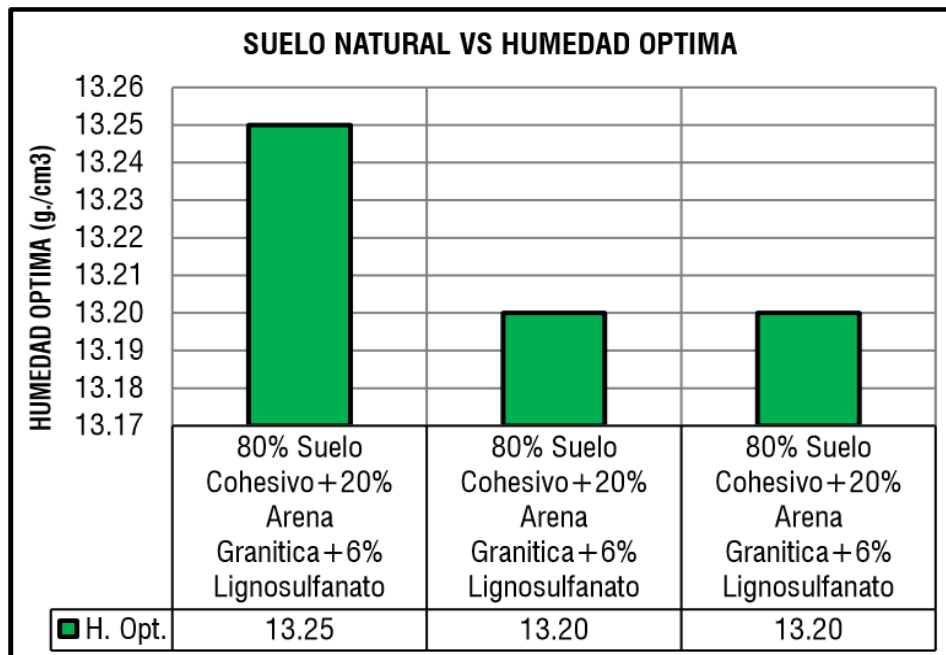


**Tabla 25.** Resultados Máxima Densidad Seca y Humedad Óptima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS).

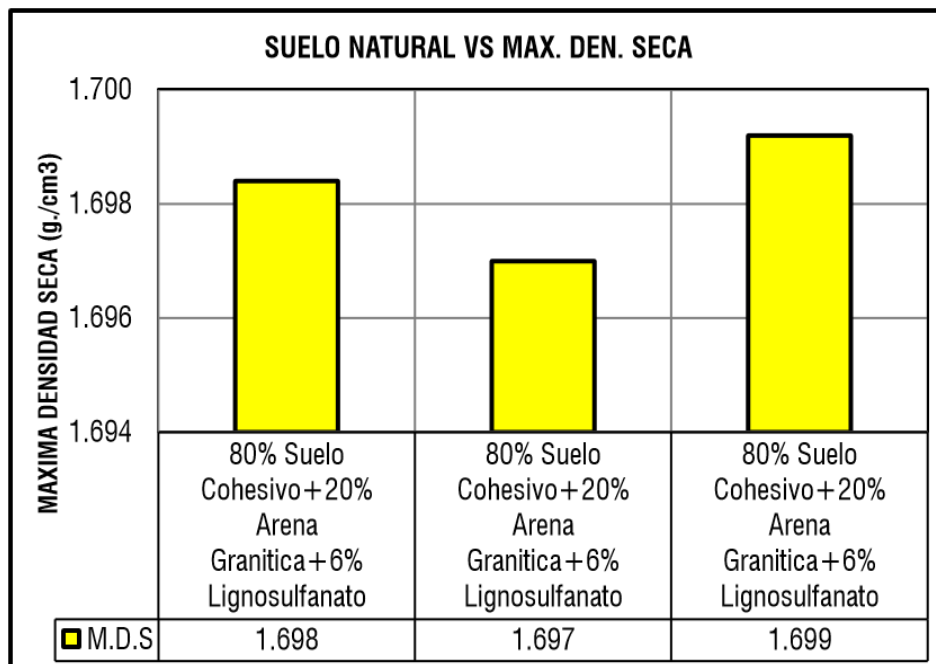
Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	Proctor Modificado (NTP 339.141)		Categoría de Subrasante
				Max. Densidad Seca	Humedad Óptima	CBR 0.1" de Penetración
C-1	E-3	0.60 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,698	13,25	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,697	13,20	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1,699	13,20	S3 Subrasante Buena

Fuente: Elaboracion Propia

**Figura 35.** Humedad Óptima con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)



**Figura 36.** Máxima Densidad Seca con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)



**Objetivo específico 3:** Demostrar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.

Se procederá en primer lugar a elaborar las diversas combinaciones entre el suelo cohesivo, con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

**Figura 37.** Provisión de lignosulfonato de calcio (CLS) para el desarrollo de los ensayos de laboratorio especiales.



**Figura 38.** Combinación de 80% de Suelo Cohesivo + 20% de Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS), calicata C-1



**Figura 39.** Combinación de 80% de Suelo Cohesivo + 20% de Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS), calicata C-2.



**Figura 40.** Combinación de 80% de Suelo Cohesivo + 20% de Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS), calicata C-2.



Este estudio tiene en cuenta el objetivo específico mejorar los parámetros CBR ya que es un indicador esencial en la optimización de la estabilidad. Los procedimientos de prueba están basados en la Normativa “NTP 339.145, ASTM D 1883 y MTC E 132”. Para ello, se desarrollará el método de prueba CBR para suelos de compactación en ensayos de laboratorio.



### **Lineamientos en elaboración de especímenes**

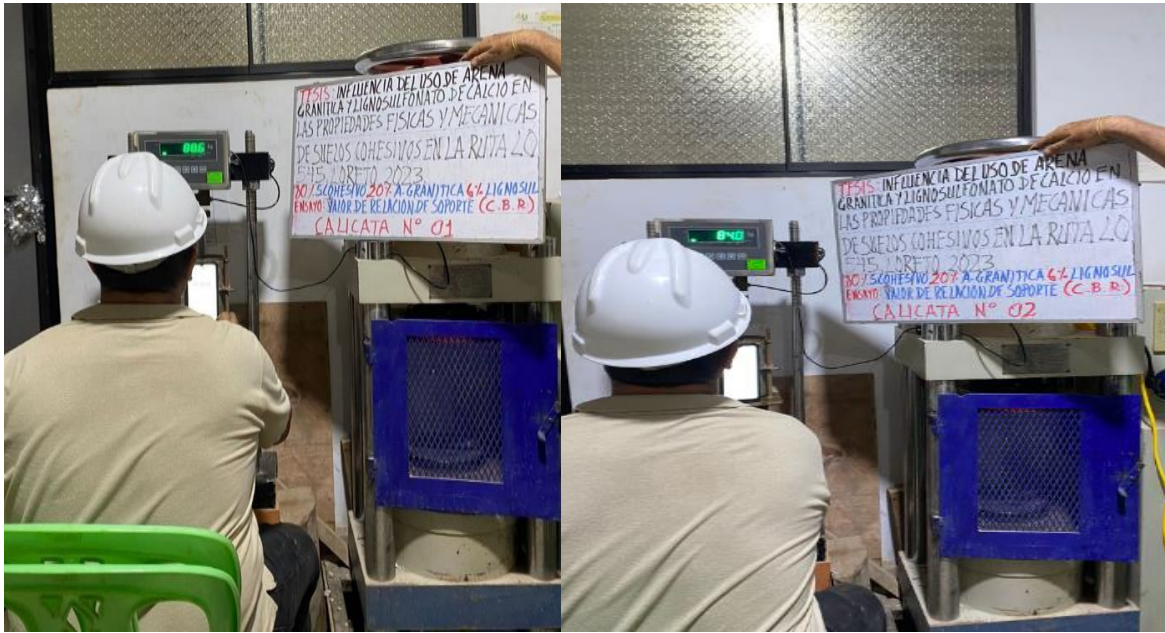
Al mismo tiempo, se siguió las instrucciones anteriores para activar las muestras de control o estándar en su estado natural. A continuación, se pesa el molde de 6 pulgadas de diámetro. Luego, se colocó el collarín, el disco y el papel de filtro de 6 pulgadas en el molde. Luego, las muestras preparadas se compactaron en cinco capas con suelo cohesivo, arena granítica (GS), lignosulfonato de calcio (CLS) y agua en cada muestra. Posteriormente, la primera muestra se compactó con 56 golpes, la segunda muestra con 25 y la última con 10 golpes.

**Figura 41.** Ensamblaje del collarín con el disco espaciador calicata C-1 y C-2.



De otro lado, se colocó la muestra en el equipo de carga y ajuste del pistón de penetración a un peso no mayor a 44 N. Luego se aplica la carga a una velocidad de 1,27 mm/min. Después, se registra los datos recolectados de cada muestra y se calcula el contenido de humedad en un área correspondiente a una profundidad de 1 pulgada.

**Figura 42.** Procedimiento de penetración calicata C-1 y C-2



**Figura 43.** Procedimiento de penetración calicata C-3



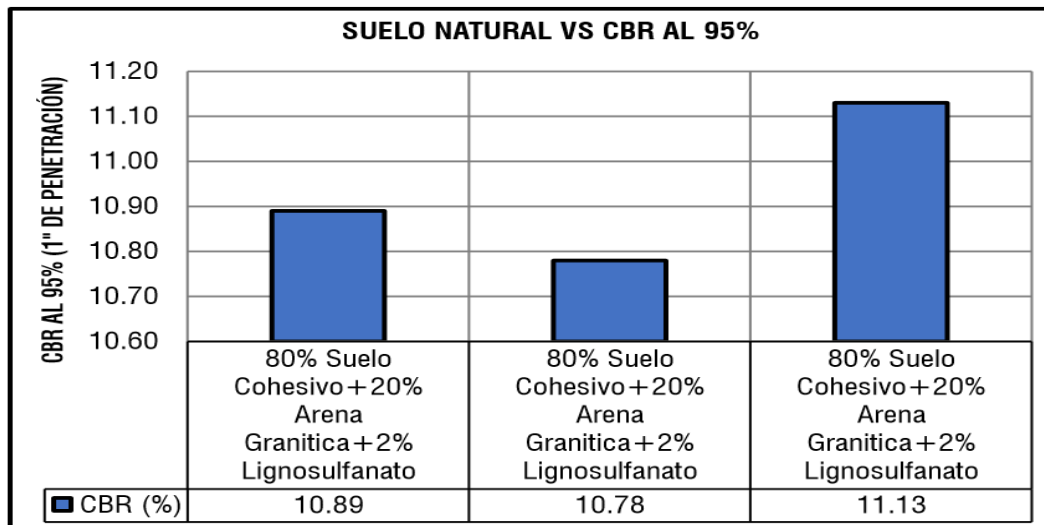
Para culminar se tiene resultados de CBR al 100% y 95% de MDS, para ello se considera datos de CBR con 80% Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adicionamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

**Tabla 26. Resultados CBR con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)**

Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 339.127)	CBR (California Bering Ratio) NTP 339.145		Categoría de Subrasante
					Al 100% de la Max. Densidad Seca	Al 95% de la Max. Densidad Seca	CBR 0.1" de Penetración
C-1	E-3	0.60 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	24,50	19,18	10,89	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	23,73	19,27	10,78	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	23,81	20,78	11,13	S3 Subrasante Buena

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 44.** CBR al 95% con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)

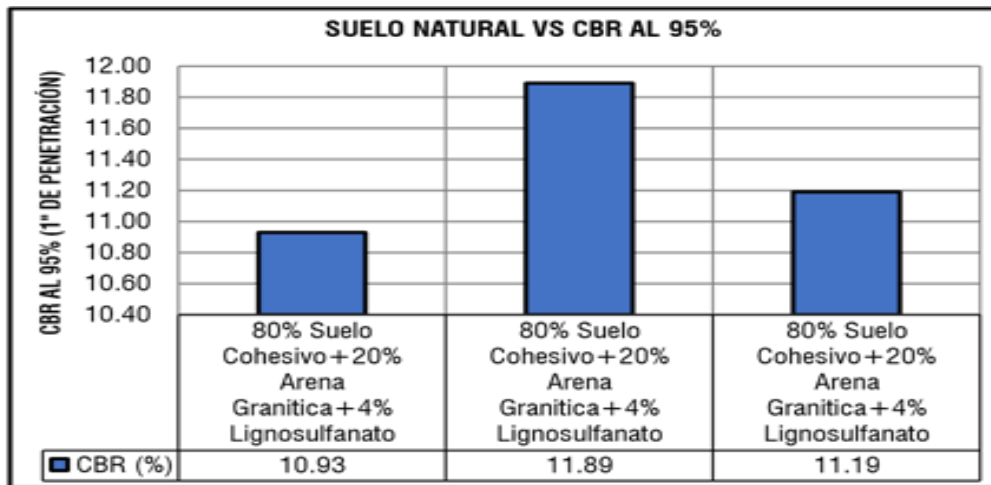


**Tabla 27.** Resultados CBR con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)

Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 339.127)	CBR (California Bering Ratio) NTP 339.145		Categoría de Subrasante  CBR 0.1" de Penetración
					Al 100% de la Max. Densidad Seca	Al 95% de la Max. Densidad Seca	
C-1	E-3	0.60 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	13,20	19,13	10,93	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	13,25	22,40	11,89	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	13,20	20,13	11,19	S3 Subrasante Buena

Fuente: Elaboracion Propia

**Figura 45.** CBR al 95% con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)

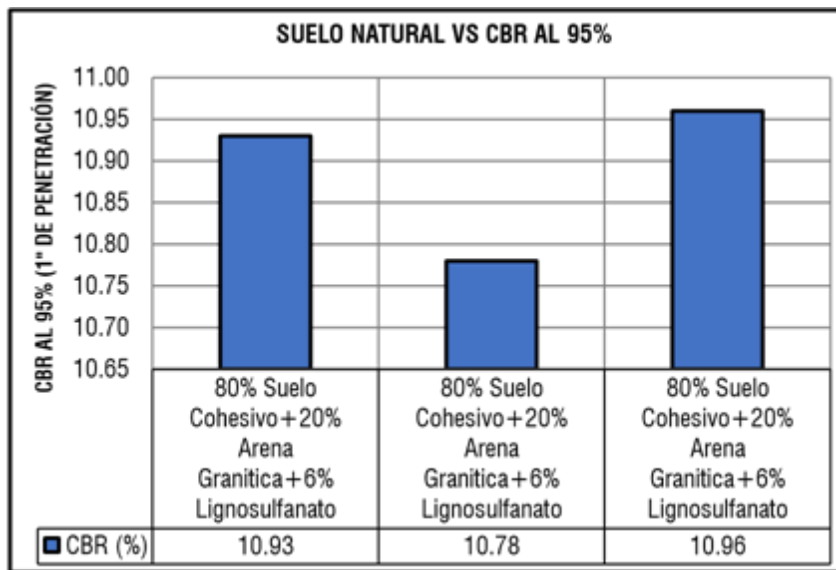


**Tabla 28.** Resultados CBR con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)

Calicata N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 339.127)	CBR (California Bering Ratio) NTP 339.145		Categoría de Subrasante CBR 0.1" de Penetración
					Al 100% de la Max. Densidad Seca	Al 95% de la Max. Densidad Seca	
C-1	E-3	0.60 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	13.25	20.92	10.93	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	13.20	19.82	10,78	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	13.20	20.66	10,96	S3 Subrasante Buena

Fuente: Elaboracion Propia

**Figura 46.** CBR al 95% con 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)





## Aplicación de la Estadística Inferencial en las Variables de Investigación para las Pruebas de Hipótesis.

### Determinación de Prueba Estadística para la Contrastación de Hipótesis.

Se desarrollará comparaciones con las distribuciones normales de datos obtenidos en los ensayos de laboratorio preestablecidas y basadas en supuestos generales. Además, se utilizarán pruebas de evaluación de regresión paramétrica lineal y no lineal para hipótesis específicas para lograr el análisis de varianza (ANOVA). Además, el modelo será validado en la región Loreto para determinar cómo el suelo cohesivo combinado con arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545.

Para validar la aplicación de pruebas paramétricas, se ratificará que los registros de datos se comportan con normalidad. Por lo descrito, la Normalidad se analiza con la siguiente hipótesis de variables.

### Prueba de Normalidad

#### a) Presentación de Hipótesis de Normalidad

H<sub>0</sub>: La variable dependiente propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545 SI se comportan con Normalidad.

H<sub>a</sub>: La variable dependiente propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545 NO se comportan con Normalidad.

Muestra	Dosificación de Muestra	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Max. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	80% SC + 20% GS + 2% CLS	,891	9	,205
	Patrón	,964	3	,637
Humedad Optima (%)	80% SC + 20% GS + 2% CLS	,776	9	,061
	Patrón	,964	3	,637
CBR al 100% de la Max. Densidad Seca	80% SC + 20% GS + 2% CLS	,906	9	,290
	Patrón	,984	3	,757
CBR al 95% de la Max. Densidad Seca	80% SC + 20% GS + 2% CLS	,745	9	,055
	Patrón	,992	3	,826

**Fuente:** *Elaboracion Propia*

En base a lo mostrado en la tabla, se analiza lo siguiente:

Recomendado como nivel de significancia N.S.= 5%

Para observaciones  $n \leq 50$  se aplicará Shapiro-Wilk en la cual se obtiene la significancia mayor que 5%, se puede concluir que los datos tienen normalidad donde se acepta la hipótesis nula  $H_0$ .

Lo que se concluye estadísticamente se refiere a la variable dependiente, propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545; sobre la base de la prueba Shapiro-Wilk se infiere que los datos se comportan con normalidad. Por ello se utilizaría las pruebas paramétricas con el uso de pruebas de regresión lineal simple con el estadístico ANOVA para muestra independientes para contrastar las hipótesis.

Por otro lado, la Hipótesis General establece:

#### ***Planteamiento de Prueba de Hipótesis de Investigación***

a) Se plantea la prueba estadística del modo siguiente:

$H_0$ : El uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), SI influye favorablemente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545.

$H_1$ : El uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), NO influye favorablemente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545.

#### ***Demostración de la hipótesis de Investigación:***

En base a la recolección de datos estadísticos se inferirá que al usar arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), se influirá de modo favorable en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545.

Muestra	Calicata	Estrato	Max. Densidad Seca (gr/cm3)	Humedad Optima (%)	CBR al 100% de la Max. Densidad Seca	CBR al 95% de la Max. Densidad Seca
Patrón	1	3	1,588	15,1	8,95	4,72
Patrón	2	3	1,587	14,95	10,26	5,1
Patrón	3	3	1,585	15	9,46	4,88
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1	3	1,699	13,4	19,18	10,89
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	2	3	1,694	13,3	19,27	10,78
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 2% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	3	3	1,693	13,25	20,78	11,13
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1	3	1,701	13,2	19,13	10,93
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	2	3	1,701	13,25	22,4	11,89
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 4% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	3	3	1,7	13,2	20,13	11,19
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	1	3	1,698	13,25	20,92	10,93
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	2	3	1,697	13,2	19,82	10,78
80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica (GS) + 6% Lignosulfonato de Calcio (CLS)	3	3	1,699	13,2	20,66	10,96

Fuente: *Elaboración propia*

### **Conclusión:**

Se concluye que al usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiconamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%. Si influye significativamente en las propiedades del suelo cohesivo en la ruta LO-545. Sin embargo, en la propiedad peso unitario NO influye razonablemente.

## **Determinación de Prueba Estadística para la Contrastación de Hipótesis Específicas.**

**Hipótesis Específica 1:** Respecto a la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos.

### **Prueba de Normalidad**

a) Presentación de Hipótesis de Normalidad

H<sub>0</sub>: La Densidad Máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos SI sigue una distribución Normal.

H<sub>1</sub>: La Densidad Máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos NO sigue una distribución Normal.

Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar de 0.003, con registro de datos entre el parámetro de 1.70 gr/cm<sup>3</sup> a 1.59 gr/cm<sup>3</sup> **Tabla 29.** (Ver anexo)

*Además, se complementa la evaluación de la distribución normal en base a las observaciones de  $n \leq 50$  se aplica lo mostrado en la prueba Shapiro-Wilk*

**Tabla 30.** (Ver anexo)

Aplicando la regla que converge a la decisión:

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  → No se acepta la hipótesis nula (status quo)

$p\text{-valor} = 0.205$ , por lo tanto →  $0.205 > 0.05$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

En tal sentido, los registros de datos de la dimensión de Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) siguen una distribución normal con 5% de significancia.

### **Planteamiento de Prueba de Hipótesis Específica 1**

b) Se plantea la prueba estadística del modo siguiente:

- H<sub>0</sub>: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) SI influye en Máxima densidad seca ( $\gamma_{dmax}$ ) del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1=0$
- H<sub>a</sub>: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) NO influye en Máxima densidad seca ( $\gamma_{dmax}$ ) del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1 \neq 0$

c) Con nivel de significancia del 5%

d) Verificación de la prueba ANOVA de la hipótesis de regresión lineal  
**Tabla 31.** (Ver anexo)

Para la aplicación del modelo matemático de esta prueba de hipótesis al usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, para la Máxima Densidad Seca ( $\gamma_{dmax}$ ) es **Tabla 32.** (Ver anexo)

$$Y = 1,619X + 1.697$$

Además, en evaluación de la significancia estadística de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para muestras independientes se tiene **Tabla 33.** (Ver anexo)

Por último, se puede apreciar en la tabla de la ANOVA que el nivel de significancia cuantificado está por debajo del 5%, en tal sentido, no se acepta la hipótesis nula.

Finalmente, se plantea como conclusión estadística de la hipótesis específica1: Se concluye estadísticamente, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%. SI influye significativamente en la Máxima Densidad Seca ( $\gamma_{dmax}$ ). De modo estadístico se tiene  $\beta_1 \neq 0$  en base a la prueba de F de Fisher, con ANOVA con significancia del 5%.

**Hipótesis Específica 2:** Respecto a la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos.

**Prueba de Normalidad**

a) Presentación de Hipótesis de Normalidad

$H_0$ : La Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos SI sigue una distribución Normal

$H_1$ : La Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos NO sigue una distribución Normal

Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar de 0.07638, con registro de datos entre el parámetro de 15.10% a 13.20% **Tabla 34.** (Ver anexo)

Además, se complementa la evaluación de la distribución normal en base a las observaciones de  $n \leq 50$  se aplica lo mostrado en la prueba Shapiro-Wilk **Tabla 35.** (Ver anexo)

Aplicando la regla que converge a la decisión:

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  → No se acepta la hipótesis nula (status quo)  
 $p\text{-valor} = 0.637$ , por lo tanto →  $0.637 > 0.05$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

En tal sentido, los registros de datos de la dimensión de Humedad Optima ( $W_o$ ) siguen una distribución normal con 5% de significancia.

## **Planteamiento de Prueba de Hipótesis Específica 2**

b) Se plantea la prueba estadística del modo siguiente:

H<sub>0</sub>: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) SI influye en la Humedad Optima (W<sub>o</sub>) del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1=0$

H<sub>a</sub>: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) NO influye en la Humedad Optima (W<sub>o</sub>) del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1 \neq 0$

c) Con nivel de significancia del 5%

d) Verificación de la prueba ANOVA de la hipótesis de regresión lineal  
**Tabla 36.** (Ver anexo)

Para la aplicación del modelo matemático de esta prueba de hipótesis al usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, para la Humedad Optima (W<sub>o</sub>) es **Tabla 37.** (Ver anexo)

$$Y=14,517-27.5$$

Además, en evaluación de la significancia estadística de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para muestras independientes se tiene **Tabla 38.** (Ver anexo)

Por último, se puede apreciar en la tabla de la ANOVA que el nivel de significancia cuantificado está por debajo del 5%, en tal sentido, no se acepta la hipótesis nula.

Finalmente, se plantea como conclusión estadística de la hipótesis específica 2: Se concluye estadísticamente, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%. SI influye significativamente en la Humedad Optima (W<sub>o</sub>). De modo estadístico se tiene  $\beta_1 \neq 0$  en base a la prueba de F de Fisher, con ANOVA con significancia del 5%

### **Hipótesis Específica 3:**

#### **Respecto al CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos**

*Donde: MDS = Máxima Densidad Seca*

#### **Prueba de Normalidad**

a) Presentación de Hipótesis de Normalidad

H<sub>0</sub>: El CBR al 100% de la MDS, SI sigue una distribución Normal

H<sub>1</sub>: El CBR al 100% de la MDS, NO sigue una distribución Normal

Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar de 1.065, con registro de datos entre el parámetro de 8.95% a 22.40% **Tabla 39.** (*Ver anexo*)

Además, se complementa el análisis de la distribución normal en base a las observaciones de  $n \leq 50$  se aplica lo mostrado en la prueba Shapiro-Wilk

**Tabla 40.** (*Ver anexo*)

Aplicando la regla que converge a la decisión:

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$  → No se acepta la hipótesis nula (status quo)

$p\text{-valor} = 0.757$ , por lo tanto →  $0.757 > 0.05$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

En tal sentido, los registros de datos de la dimensión del CBR al 100% de la MDS siguen una distribución normal con 5% de significancia.



### **Planteamiento de Prueba de Hipótesis Específica 3**

b) Se plantea la prueba estadística del modo siguiente:

Ho: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) SI influye en CBR al 100% de la MDS del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1=0$

Ha: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) NO influye en CBR al 100% de la MDS del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1 \neq 0$

c) Con nivel de significancia del 5%

d) Verificación de la prueba ANOVA de la hipótesis de regresión lineal  
**Tabla 41.** (Ver anexo)

Para la aplicación del modelo matemático de esta prueba de hipótesis al usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, para el CBR al 100% de la MDS es **Tabla 42.** (Ver anexo)

$$Y = 12,549 + 167,7$$

Además, en evaluación de la significancia estadística de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para muestras independientes se tiene **Tabla 43** (Ver anexo)

Por último, se puede apreciar en la tabla de la ANOVA que el nivel de significancia cuantificado está por debajo del 5%, en tal sentido, no se acepta la hipótesis nula.

Finalmente, se plantea como conclusión estadística de la hipótesis específica 3: Se concluye estadísticamente, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%. SI influye significativamente en el CBR al 100% de la MDS. De modo estadístico se tiene  $\beta_1 \neq 0$  en base a la prueba de F de Fisher, con ANOVA con significancia del 5%

## Respecto al CBR al 95% de la MDS de suelos cohesivos

Donde: MDS = Máxima Densidad Seca

### Prueba de Normalidad

a) Presentación de Hipótesis de Normalidad

H<sub>0</sub>: El CBR al 95% de la MDS, SI sigue una distribución Normal

H<sub>1</sub>: El CBR al 95% de la MDS, NO sigue una distribución Normal

Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar de 0.343, con registro de datos entre el parámetro de 4.72% a 11.89% **Tabla 44.** (Ver anexo)

Además, se complementa la evaluación de la distribución normal en base a las observaciones de  $n \leq 50$  se aplica lo mostrado en la prueba Shapiro-Wilk

**Tabla 45.** (Ver anexo)

Aplicando la regla que converge a la decisión:

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$	→	No se acepta la hipótesis nula (status quo)
$p\text{-valor} = 0.757$ , por lo tanto	→	$0.757 > 0.05$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

En tal sentido, los registros de datos de la dimensión del CBR al 95% de la MDS siguen una distribución normal con 5% de significancia.

### **Planteamiento de Prueba de Hipótesis Específica 3**

b) Se plantea la prueba estadística del modo siguiente:

H<sub>0</sub>: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) SI influye en CBR al 95% de la MDS del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1=0$

H<sub>a</sub>: El uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) NO influye en CBR al 95% de la MDS del suelo cohesivo. De modo estadístico  $\beta_1 \neq 0$

c) Con nivel de significancia del 5%

d) Verificación de la prueba ANOVA de la hipótesis de regresión lineal

**Tabla 46.** (Ver anexo)

Para la aplicación del modelo matemático de esta prueba de hipótesis al usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, para el CBR al 95% de la MDS es **Tabla 47.** (Ver anexo)

$$Y = 6,759 + 91,87$$

Además, en evaluación de la significancia estadística de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía para muestras independientes se tiene **Tabla 48.** (Ver anexo)

Por último, se puede apreciar en la tabla de la ANOVA que el nivel de significancia cuantificado está por debajo del 5%, en tal sentido, no se acepta la hipótesis nula.

Se concluye estadísticamente, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%. SI influye significativamente en el CBR al 95% de la MDS. De modo estadístico se tiene  $\beta_1 \neq 0$  en base a la prueba de F de Fisher, con ANOVA con significancia del 5%.

## V. DISCUSIÓN

**Discusión General:** De acuerdo con los resultados del estudio actual, la hipótesis alternativa generalizada, la misma que establece que el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), SI influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, donde se obtuvieron mejoras significativas en las dimensiones de la variable dependiente, tales como la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ), Humedad optima ( $W_o$ ) y el Valor de la relación de soporte (CBR) al 100% y 95% de la MDS. En ese sentido, los resultados descritos guardan relación con lo expuesto por Amulya et al, (2023) que sostiene que la combinación de arena granítica (GS) y el lignosulfonato de calcio (CLS) es factible como alternativa a los estabilizadores tradicionales para suelos cohesivos. Del mismo modo, los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con el investigador Ijaz et al., (2023) quien emplea una combinación diferente que omite la arena granítica (GS), formado por el lignosulfonato (LS) junto con cal (LM) obteniéndose como resultante un aditivo cementante (LSCA), y cuyos resultados mostraron que el lignosulfonato (LS) y la cal (LM) mejoraron significativamente la consistencia del suelo.

**Discusión 1:** En base a los resultados obtenidos la hipótesis alternativa específica 1 es aceptada, la misma que establece que el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), SI influye significativamente en la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelo cohesivo de la ruta LO-545. Corroborándose a través del ensayo de laboratorio de Proctor Modificado, un comportamiento de la curva de compactación con datos de la Máxima densidad seca que van desde 1.693 gr/cm<sup>3</sup> a 1.699 gr/cm<sup>3</sup>, con una cresta superior de Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de 1.701 gr/cm<sup>3</sup>, con una mezcla de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adicionamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 4%, para ello (Bai, Li, Zhao, Lu, & Liu, 2023) manifiestan que una humedad optima cerrará los poros y mejorará la cohesión entre el suelo partículas. Además, la respuesta del estudio se alinea a los hallazgos del estudio “Análisis de corte, características de consolidación y huella de carbono de suelo arcilloso mezclado con lignosulfonato de calcio y arena de granito” propuesto por Varsha et al. (2023) quienes exponen que el coeficiente de

colapsabilidad disminuyó rápidamente después de que lignosulfonato de calcio (CLS) fue considerado en la mezcla, es así como con los métodos de edómetro simple y doble se presentó con la misma tendencia de cambio. Asimismo, el grado de colapsabilidad de la correlación gris en cada índice de mayor a menor, fue la Humedad óptima, Máxima densidad seca y en base al contenido de lignosulfonato de calcio (CLS). De otro lado, se concuerda con (Pardo, 2023) quien sostiene que el lignosulfonato (LS) es importante ya que como un agente químico no tóxico ya que no modifica el pH del suelo lo que favorece al medio ambiente, también reduce la fragilidad del suelo, y mejora la estabilización de suelos. Además (Pardo, 2023) concluye que a partir de un análisis del SUCS se verifico que con la adición de lignosulfonato a la muestra MP+0.75% LS se aprecia un incremento considerable de la máxima densidad seca en un 1.92%.

**Discusión 2:** En base a los resultados obtenidos la hipótesis alternativa específica 2 es aceptada, la misma que establece que el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), SI influye significativamente con el Optimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de suelo cohesivo de la ruta LO-545, Corroborándose a través del ensayo de laboratorio de Proctor Modificado, un comportamiento de la curva de compactación con datos de Humedad óptima que van desde 13.4% a 13.2%, con un pico de Optimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de 13.25% con una mezcla de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiconamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 4%, que coincide con lo descrito por (Huamán, 2022) que estudio la adición de insumos para lograr una mejora de la calidad de las propiedades de la subrasante, concluyendo que con 8% de adición de cemento y lignosulfonato de calcio (CLS) de forma independiente cada muestra presentó mejores resultados para el Optimo contenido de humedad disminuyendo sus valores con respecto a la muestra de control, por lo tanto se alinea con la Normativa “NTP 339.141, ASTM D 1557 y MTC E 115”.

**Discusión 3:** Se encontró que para una mezcla de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6% influye significativamente en el CBR al 100% de la MDS de un suelo cohesivo de la ruta LO-545. En tal sentido, para una muestra patrón de CBR al 100% de la MDS se presentó 8.95%. De otro lado, para una mezcla de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2% se obtuvo un CBR al 100% de la MDS de 20.78% con una mejora significativa del 50% respecto a la muestra patrón. En resumen, se muestra que el adición de lignosulfonato de calcio (CLS) tiene efectos en la mejora de los valores del CBR al 100% de la MDS. Lo descrito guarda consistencia con los hallazgos de (Huamán, 2022) quien concluye que con 6% de adición de cemento y lignosulfonato de calcio (CLS) consiguió mejores resultados para el CBR mejorando valores respecto a la muestra patrón, donde el CBR al 100% de la MDS con relación a la muestra patrón fue de 11.03%, que según la norma aplicada es considerado como regular, sin embargo adicionándole lignosulfonato de calcio (CLS) en 6% aumenta a 19.22% mejorando el CBR al 100% de la MDS, dando cumplimiento a la Normativa “NTP 339.145, ASTM D 1883 y MTC E 132”, donde el valor de CBR >20% se puede considerar como buen indicador.

## VI. CONCLUSIONES

**Conclusión General:** Se da en consideración de los datos recolectados que muestran la influencia en la variable dependiente como las subvariables dependientes tales como la Máxima densidad seca ( $\gamma_{dmax}$ ), Humedad optima ( $W_o$ ) y Valor de la relación de soporte (CBR) al 100% y 95% de la MDS. Siendo una primera conclusión, que los datos recolectados siguen una distribución normal ya que se presenta uniformidad en los datos y se muestra una mínima dispersión, además considerando la cantidad de datos recolectados se utilizó como estadístico de análisis la prueba de Shapiro-Wilk. También, el análisis en mención estableció el uso de pruebas paramétricas de una sola vía para muestras independientes de análisis de varianza con la prueba de ANOVA, con lo cual se contrastará las hipótesis propuestas de la investigación. En suma, se puede llegar a la conclusión, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adicionamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, influye significativamente en las propiedades de los suelos cohesivos de la ruta LO-545. Asimismo, estadísticamente se tiene  $\beta_1 \neq 0$  con la prueba de F de Fisher ANOVA con un nivel de significancia del 5%, las pruebas estadísticas de las hipótesis específicas establece como conclusión general que el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), SI influye favorablemente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545.

**Conclusión Hipótesis Específica 1:** Se puede llegar a la conclusión, que el uso del 80% Suelo Cohesivo con 20% arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS) influye significativamente en el Optimo contenido de humedad ( $W_o$ ) de suelo cohesivo de la ruta LO 545. Asimismo, estadísticamente se tiene  $\beta_1 \neq 0$  con la prueba de F de Fisher ANOVA con un nivel de significancia del 5%. Del mismo modo, de acuerdo considerando el ensayo de laboratorio de Proctor Modificado, derivado de la muestra patrón, se aprecia el comportamiento de la curva de compactación basado en nueve unidades de estudio, obteniéndose datos de Optimo contenido de humedad ( $W_o$ ) que van desde 13.4% a 13.2%, con un pico de Humedad optima de 13.25%, con una mezcla del 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 4% de lignosulfonato de

calcio (CLS) como límite máximo, que coincide con lo descrito por (Xu, Lin, & Colmillo, 2022) el incremento de proporción de lignosulfonato en el límite descrito mejora la resistencia estática del suelo mejorado.

**Conclusión Hipótesis Específica 2:** Se puede llegar a la conclusión, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, influye significativamente en la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) del suelo cohesivo de la ruta LO-545. Así mismo, estadísticamente se tiene  $\beta_1 \neq 0$  con la prueba de F de Fisher ANOVA con un nivel de significancia del 5%. Del mismo modo, de acuerdo considerando el ensayo de laboratorio de Proctor Modificado, derivado de la muestra patrón, se aprecia el comportamiento de la curva de compactación basado en nueve unidades de estudio, obteniéndose datos de Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) que van desde 1.693 gr/cm<sup>3</sup> a 1.699 gr/cm<sup>3</sup>, con un pico de Máxima densidad seca de 1.701 gr/cm<sup>3</sup>, con una mezcla de 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 4% de lignosulfonato de calcio (CLS), lo cual según (Bai, Li, Zhao, Lu, & Liu, 2023) con una Humedad óptima cerrará los poros y mejorará la cohesión entre el suelo partículas.

**Conclusión Hipótesis Específica 3:**

Se puede llegar a la conclusión, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, influye significativamente en el CBR al 100% de la MDS de un suelo cohesivo de la ruta LO-545. Así mismo, estadísticamente se tiene  $\beta_1 \neq 0$  con la prueba de F de Fisher ANOVA con un nivel de significancia del 5%. En base a lo descrito de acuerdo a los datos para el ensayo valor de la relación de soporte (CBR - California Bearing Ratio) que mide la capacidad resistencia de un suelo (Kim, Hong, & Lee, 2019), para una muestra de control, un CBR al 100% de la MDS de 8.95%. De otro lado, con una mezcla de 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 2% de lignosulfonato de calcio (CLS), se obtuvo un CBR al 100% de la MDS de 20.78% con una mejora significativa del 50%. Asimismo, con



la misma combinación del 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 4% y 6% de lignosulfonato de calcio (CLS) se mantiene la mejora respecto a la muestra patrón con valor de CBR al 100% de la MDS de 22.4% y 20.66% respectivamente, por lo señalado se puede establecer que se obtiene un CBR óptimo con la incorporación de 4% de lignosulfonato de calcio (CLS). En suma, se aprecia que la incorporación de lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el incremento de los valores del CBR al 100% de la MDS.

Se puede llegar a la conclusión, que el uso de 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%, influye significativamente en el CBR al 95% de la MDS de un suelo cohesivo de la ruta LO-545. Así mismo, estadísticamente se tiene  $\beta_1 \neq 0$  con la prueba de F de Fisher ANOVA con un nivel de significancia del 5%. En base a lo descrito de acuerdo a los datos para el ensayo valor de la relación de soporte (CBR - California Bearing Ratio) que mide la capacidad resistencia de un suelo (Kim, Hong, & Lee, 2019), para una muestra de control, un CBR al 95% de la MDS de 4.72%. De otro lado, con una mezcla de 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 2% de lignosulfonato de calcio (CLS), se obtuvo un CBR al 95% de la MDS de 11.13% con una mejora significativamente del 57%. Asimismo, con la misma combinación del 80% de suelo cohesivo y 20% de arena granítica (GS) con la incorporación de 4% y 6% de lignosulfonato de calcio (CLS) se mantiene la mejora respecto a la muestra patrón con valor de CBR al 95% de la MDS de 11.89% y 10.96% respectivamente. En conclusión, se puede indicar que se obtiene un CBR óptimo con la incorporación de 4% de lignosulfonato. En síntesis, se aprecia que la incorporación de lignosulfonato, influye en el incremento de los valores del CBR al 95% de la MDS.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda desarrollar otras investigaciones a lo largo y ancho del territorio peruano con el fin de establecer una red de estudios que amplifique el conocimiento científico en relación al mejoramiento y/o estabilización de suelos de características perjudiciales para la implementación de proyectos de infraestructura vial y otras obras civiles, incorporando nuevos estabilizadores ecológicos y económicos en porcentajes (%) sostenibles.

Se recomienda para lograr con eficiencia y eficacia los objetivos planteados en función del mejoramiento y/o estabilización del terreno; En el procedimiento de sus tres (3) etapas de la investigación: (a) Estudio de Campo a través de excavaciones (Calicatas), (b) Aplicación de ensayos de laboratorio como los ensayos estándar y especiales, (c) Análisis e interpretación tanto de datos como de resultados obtenidos en campo y de los ensayos de laboratorio; Aplicando las normativas vigente en el territorio peruano (Normativa NTP, MTC) y su equivalente norma internacional (ASTM).

Se desarrollará el criterio de jerarquización. Es decir, realizar una serie de pruebas variando las dosis. Según Amulya et al. (2023) determina que la mezcla óptima; es decir, 70% de arcilla mezclada con 30% de arena granítica (GS) y 0,5% de lignosulfonato de calcio (CLS) se considera una dosis adecuada para el material de subrasante. En esta línea la presente investigación desarrolla una prueba de valor superior de 80% de suelo cohesivo con 20% de arena granítica (GS) y 4% de lignosulfonato de calcio (CLS). Por lo que, se recomienda desarrollar investigaciones de prueba de valor inferior con respecto a la mezcla óptima determinadas.

## REFERENCIAS

- (s.f.). *Strategies for Advancing Road Construction Slope Stability: Unveiling Innovative* .
- Abdullah, G. (2023). Performance of Enhanced Problematic Soils in Roads Pavement Structure. *Simulation and Laboratory Study*.
- Aceros Arequipa. (21 de 08 de 2021). *www.aprendafaciles.com*. Obtenido de *www.aprendafaciles.com*: <https://aprendafaciles.com/2021/10/21/losa-aligerada-funcion-y-ventajas-manual-en-pdf/>
- Adeoti, G., Agbelele, J., Yabi, C., Kinhoun, R., & Alamou, E. (2023). Strategies for Advancing Road Construction Slope Stability: Unveiling Innovative Techniques for Managing Unstable Terrain. *Open Journal of Civil Engineering*, 572-616.
- Afshinnia, K., & Rongaraju, P. R. (2016, 08 01). Impact of combined use of ground glass powder and crushed glass aggregate on selected properties of Portland cement concrete. *Construction and Building Materials.*, 117. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.072>
- Ahmed, S., Zohairy, A., Ahmed, S. E., Badran, M. A., & Abdo, A. (2023, 03 24). Experimental Investigation of Self-Compacting Concrete with Recycled Concrete Aggregate. *Buildings*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/buildings13040856>
- Aliabda, A. A., Elmoaty, A. E., & Aboshama, A. Y. (2016, 10 15). Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials.*, 124. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.016>
- Alireza, M., Yat, W., Arul, A., & Suksun, H. (2019, 02 10). Strength evaluation of utilizing recycled plastic waste and recycled crushed glass in concrete footpaths. *Construction and Building Materials.*, 197. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.192>
- Almeida, T. (2020, 07 12). Design Glass Objects: The Portuguese Panorama. *Arts*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/arts9030079>

- Amhadi, T., & Assaf, G. (2021). Improvement of pavement subgrade by adding cement and fly ash to natural desert sand. . *Infrastructures*, 6(1-13), 151.
- Amulya, G., Almajed, A., Moghal, A., & Basha, B. (2022). Coupled effect of granite sand and calcium lignosulphonate on the strength behavior of cohesive soil. *Buildings*, 3-10.
- Amulya, G., Moghal, A., Basha, B., & Almahed, A. (2020). Characterization of expansive soils treated with lignosulfonate. *Revista Internacional de Geoingenieria*. doi:DOI: 10.16285/j.rsm.2021.5151
- Amulya, G., Moghal, A., Basha, B., & Almajed, A. (2021). Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil. *Buildings*. doi:https://doi.org/10.3390/buildings12101687
- Andia, N. (2022). *Fibra de maguey con lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022*. Lima : Universidad Cesar Vallejo .
- Arancibia, M. (2019). *Estudio cuasi experimental, sobre el uso del método Doman en el aprendizaje del proceso lector en alumnos de primero básico del colegio Saint Francis College* (. Universidad Gabriela Mistral.
- Arias, J. L. (2020). *Metodos de Investigacion Online*. Arequipa, Peru.
- Arispe, C. M., Yangali, J. S., Guerrero, M. A., Rivera, O., Acuña, L. A., & Arellano, C. (2020). *LA INVESTIGACION CIENTIFICA (Una aproximacion para los estudios de posgrado)* (Vol. 1). (U. I. Ecuador, Ed.) Obtenido de <https://es.scribd.com/document/490964483/Libro-Investigacion-EPG-7-pdf#>
- Arquitecturacivil. (2019). [www.arquitecturacivil.blog](http://www.arquitecturacivil.blog). Obtenido de [www.arquitecturacivil.blog](http://www.arquitecturacivil.blog):  
<https://arquitecturacivil.blog/estructura/dosificacion-de-concreto-210-kg-cm2/#:~:text=El%20concreto%20de%20210%20kg,a%20la%20compresi%C3%B3n%20relativamente%20alta>.
- ASTM C 293. (2011). Resistencia a la flexion de vigas de concreto (carga al centro). Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/ensayos/3-concreto/3.13.pdf>

- ASTM C 293, & NTP 339.034. (s.f.). *www.es.scribd.com*. Obtenido de *www.es.scribd.com*.
- ASTM C143. (2015). Asentamiento del hormigón fresco. Obtenido de *www.es.slideshare.net*:  
[https://www.academia.edu/12268748/Resumen\\_ASTM\\_C143](https://www.academia.edu/12268748/Resumen_ASTM_C143)
- ASTM C31. (08 de 03 de 2022). *www.es.slideshare.net*. Obtenido de *www.es.slideshare.net*: <https://es.slideshare.net/JhulianaNieva1/astm-c31-elaboracion-y-curado-compresion>
- ASTM C39. (2020). DETERMINACION DE LEFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES. Obtenido de *www.udocz.com*:  
<https://www.udocz.com/apuntes/14266/resumen-astm-c39-pdf-1>
- Ayuntamiento de Alpedrete. (2017). *www.alpedrete.es*. Obtenido de *www.alpedrete.es*: <https://www.alpedrete.es/1-botella-vidrio-tarda-4000-anos-degradarse-alpedrete-recogio-201-195-kg-2017/#:~:text=el%20medio%20ambiente,-,1%20botella%20de%20vidrio%20tarda%204000%20a%C3%B1os%20en%20degradarse.,basta%20con%20romperlo%20y%20fundirlo>.
- Bai, Z., Li, D., Zhao, D., Lu, W., & Liu, J. (2023). Experimental Research on Collapsibility of Xi'an Loess Improved by Calcium Lignosulfonate. *Coatings*, 13(1).
- Barbiera, D., Hoffa, I., Britt, M., & Engeness, M. (2019). Organosilane and Lignosulfonate as innovative stabilization techniques for crushed rocks used in road unbound layers. *Elsevier*, 18, 132-141. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2019.100308>
- Bautista, J. (2022). *Aplicación de cal hidratada con ceniza de madera para la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio–Accocapillapata, Ayacucho, 2022*. Universidad Cesar Vallejo.
- Beltran, A. A. (2021). *Efecto de la adición de caucho reciclado molido en 1%, 3% y 5%, en la resistencia a la compresión en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Ancash 2020*. Tesis, Huaraz. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20564>

- Benegas, Y. M., & Hurtado, E. M. (2017). *AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION*. Obtenido de [https://hctarelo.weebly.com/uploads/4/6/9/7/46979447/06\\_agregados.pdf](https://hctarelo.weebly.com/uploads/4/6/9/7/46979447/06_agregados.pdf)
- Bhardwaj, P. (2019). Types of sampling in research. *Journal of Primary Care Specialties*, 5(3), 157-163.
- Borbon, A., & Alpuche, M. (2022). *Energia y Medio Ambiente en Edificaciones*. (Vol. 1). Mexico. doi:ORG/10.52501/CC.72
- Borja, M. (2016). *Metodologia de la Investigacion Cientifica para Ingenieros*.
- Brake, N. A., Allahdadi, H., & Adam, F. (2016, 06 15). Flexural strength and fracture size effects of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 113. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.045>
- Cai, Y., & Mingxi, O. (2023). Experimental study on expansive soil improved by lignin and its derivatives. *Sustainability*. doi:<https://doi.org/10.3390/su15118764>
- Carrasco, S. (2006). *Metodologia de la Investigacion Cientifica* (1 ed.). San Marcos.
- Castro, D. V. (2019). *COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO*. Tesis. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6091>
- Cianciosi, P., & Marino, M. (2014). *Vidrio*. Obtenido de <https://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qaplicada/Vidrio.pdf>
- CIP16 - Resistencia al a flexion del concreto. (2017). [www.concretesupplyco.com](http://www.concretesupplyco.com). Obtenido de [www.concretesupplyco.com](http://www.concretesupplyco.com): <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>
- Cisneros, A., Guevara, A., Urdánigo, J., & Garcés, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia. *Domino de las Ciencias*, 8(1), 1165-1185.

- Concreto Armado. (22 de 04 de 2022). *www.construneic.com*. Obtenido de *www.construneic.com*: <https://construneic.com/concreto-armado/viga-de-concreto/>
- Covinos, M., & Arias, J. L. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación* (1 ed.). Arequipa, Peru.
- D Santa Cruz, M. (2019). *Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- De la Rosa, A. (2018). Sistema de gestión de la información en el proceso de pesaje, *Pesatron. Universidad & ciencia*, 7(1), 68-86.
- Desguases. (21 de Enero de 2021). *Desguase la Cabaña*. Obtenido de <https://xn--desguaceslacabaa-lub.com/blog/cuanto-tarda-un-neumatico-en-degradarse/>
- Diao, Y., Chen, L., & Huang, Y. (2023, 03 23). Experimental Study on Mechanical Properties of Concrete Containing Waste Glass and Its Application on Concrete-Filled Steel Tubular Columns. *Processes*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/pr11040975>
- Dihigo, J. (2021). *Metodología de la investigación para administradores*. Ediciones de la U.
- E 060. (2019). CONCRETO ARMADO.
- Eltwati, A., Tarhuni, F., & Elkaseh, A. (2020). Engineering properties of clayey soil stabilized with waste granite dust. *Journal of Critical Reviews*, 7(16), 794-802.
- Fazli, A., & Rodrigue, D. (2020, 02 27). Waste Rubber Recycling: A Review on the Evolution and Properties of Thermoplastic Elastomers. *Materials.*, 13(3). Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma13030782>
- Fernandez, M., Gil, L., Carboel, J., & Hernandez, E. (2018, 06 10). Epoxy resin and ground tyre rubber replacement for cement in concrete: Compressive behaviour and durability properties. *Construction and Building Materials.*, 173. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.004>

- Fidalgo, A., & Alonso, E. (2023). De cosas sagradas, tabúes y ortopraxis. el concepto de lulik en Timor-Leste. *Mana*.
- Fuentes, D., Toscano, A., Malvaceda, E., Díaz Ballesteros, J., & Díaz, L. (2020). Metodología de la investigación: Conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables.
- Gallardo, E. E. (2017). *Metodologia de la Investigacion - Manual Autoformativo Interactivo* (Vol. 1). Huancayo, Peru: Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe>
- Gani, A., Imtiaz, N., Rathakrishnan, M., & Krishnasamy, H. (2020). A pilot test for establishing validity and reliability of qualitative interview in the blended learning English proficiency course. *Journal of critical reviews*, 7(5), 140-143.
- Gebremichael, N. N., Jadidi, K., & Karakouzian, M. (2023, 08 15). Waste glass recycling: The combined effect of particle size and proportion in concrete manufactured with waste recycled glass. *Construction and Building Materials*, 392. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132044>
- Gkartzonikas, C., & Gkritza, K. (2019). ¿Qué hemos aprendido? Una revisión de los estudios de preferencia y elección declarada sobre vehículos autónomos. *Investigación en transporte Parte C: Tecnologías emergentes*, 98, 323-337.
- Goodman, J., Bradley, M., & Clarkson, P. (2020). Competencia y experiencia en tecnología digital en la población del Reino Unido: quién puede hacer qué. *Ergonomía y Factores Humanos*.
- Gravina, R. J., & Tianyu, X. (2022, 01 10). Toward the development of sustainable concrete with Crumb Rubber: Design-oriented Models, Life-Cycle-Assessment and a site application. *Construction and Building Materials*., 315. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125565>
- Guarniz, M., & Risco, W. J. (2022). *Influencia de polipropileno y caucho reciclado en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para viviendas-Chimbote, 2022*. Chimbote.



- Guillen, L. F., & Llerena, I. M. (2020). *Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3711>
- Guo, P., Bao, Y., & Meing, W. (08 de 04 de 2021). Review of using glass in high-performance fiber-reinforced cementitious composites. *Cement and Concrete Composites.*, 120. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104032>
- Gupta, T., Chaudhary, S., & Sharma, R. K. (2016, 01 26). Mechanical and durability properties of waste rubber fiber concrete with and without silica fume. *Journal of Cleaner Production*, 112. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.081>
- Hamadaa, M., Bendito, T., Yahaya, F. M., Mutusamy, K., Yang, J., Abdalla, J. A., & Hawileh, R. A. (2021). Sustainable use of palm oil fuel ash as a supplementary cementitious material: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102286>
- Hamzah, H. K., Huseien, G. F., Asaad, M. A., Georgescu, D. P., Ghoshal, S. K., & Alrshoudi, F. (2021, 12). Effect of waste glass bottles-derived nanopowder as slag replacement on mortars with alkali activation: Durability characteristics. *Case Studies in Construction Materials.*, 15. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00775>
- Haro, K. F. (2022). *Evaluación mecánica de bordillos prefabricados elaborados con hormigón que contiene áridos reciclados provenientes de elementos estructurales usados como sustituto parcial del árido natural*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23241>
- Hassan, R. D., Kaveh, A., & Prasada, R. R. (2018, 01). Efficiency of Ground Glass Fiber as a cementitious material, in mitigation of alkali-silica reaction of glass aggregates in mortars and concrete. *Journal of Building Engineering.*, 15. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.11.018>

- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Mexico.
- Hernandez, E., & Rojas, J. P. (2021). *Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino*. Tesis. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/27150>
- Hernandez, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Ho, A. C., Turatsinze, A., Hameed, R., & Vu, D. C. (2012, 03 01). Effects of rubber aggregates from grinded used tyres on the concrete resistance to cracking. *Journal of Cleaner Production.*, 23(01). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.016>
- Huaroc, M. E. (2021). *Adición de vidrio reciclado con residuos inertes para mejorar las propiedades mecánicas del concreto 210kg/cm<sup>2</sup> en estructuras de edificaciones, Lima, 2021*. Tesis, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/94711>
- Iglesias, M. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos* (Vol. 9). Noveduc.
- Ihsan, A., Onuralp, Y., Zeybek, O., Karalar, M., Qaidi, C., Ahmad, Y., . . . Bejinariu, C. (2022, 11 15). Mechanical Behavior of Crushed Waste Glass as Replacement of Aggregates. *Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma15228093>
- Ihsan, A., Onuralp, Y., Zeybek, O., Karalar, M., Qaidi, S., Ahmad, J., . . . Bejinariu, C. (2022). Mechanical Behavior of Crushed Glass Waste as Aggregate Replacement. *Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma15228093>
- INEI. (Octubre de 2019). [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe). Obtenido de [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe): [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1702/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1702/libro.pdf)

- Javdanian, H., & Lee, S. (2019). Evaluating unconfined compressive strength of cohesive soils stabilized with geopolymers: a computational intelligence approach. *Engineering with Computers*, 191-199.
- Kan, T., Strezov, V., & Evans, T. (2017, 03 01). Fuel production from pyrolysis of natural and synthetic rubbers. *Fuel*, 191. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.100>
- Kassam, S., Marcellus, L., Clark, N., & O'Mahony, J. (2020). Aplicar la interseccionalidad con la teoría fundamentada constructiva como un enfoque de investigación innovador para estudiar poblaciones complejas: demostrar congruencia. *Revista Internacional de Métodos Cualitativos*, 19.
- Kim, S., Hong, W., & Lee, J. (2019). Role of the coefficient of uniformity on the California bearing ratio, penetration resistance, and small strain stiffness of coarse arctic soils. *Cold Regions Science and Technology*, 230-241.
- Kohv, K., & Lukason, O. (2021). What best predicts corporate bank loan defaults? An analysis of three different variable domains. *Riesgos*, 9(2), . Risks, 9(2), 29.
- Krechowiecki-Shaw, C., Jefferson, I., Royal, A., Ghataora, G., & Alobaidi, I. (2016). Degradation of soft subgrade soil from slow, large, cyclic heavy-haul road loads: a review. *Geotechnical Journal*, 1435-1449.
- Kumar, L., & Kumar, A. (2018). Impact on mechanical properties of cement sand mortar containing waste granite powder,. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.203>
- Kyngäs, H., Kääriäinen, M., & Elo, S. (2020). La confiabilidad del análisis de contenido. *La aplicación del análisis de contenido en la investigación en ciencias de enfermería*, 41-48.
- Leon, M. P., & Ramirez, F. (08 de 2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista Ingeniería de Construcción*, 25(02). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>

- Leyk, S., Gaughan, A., Adamo, S., De Sherbinin, A., & Pesaresi, M. (2019). La asignación espacial de la población: una revisión de productos de datos de población cuadrículados a gran escala y su idoneidad para su uso. *Datos científicos del sistema terrestre*, 1385-1409.
- Ling, C. T., Yu, G. J., Wu, J., Chen, W., & Li, B. (2019, 12 20). Cement pastes modified with recycled glass and supplementary cementitious materials: Properties at the ambient and high temperatures. *Journal of Cleaner Production.*, 241. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118155>
- Liu, F., Xu, X., Li, X., Wei, W., Wang, X., Liu, K., & Liu, Z. (2018, 12 28). Batch grinding kinetics of scrap tire rubber particles in a fluidized-bed jet mill. *Powder Technology.*, 305. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.10.019>
- Llanto, Y. (01 de 2016). *www.udocz.com*. Obtenido de *www.udocz.com*: <https://www.udocz.com/apuntes/413286/vidrio-propiedades>
- Lo Presti, D. (2013, 12). Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review. *Construction and Building Materials.*, 49. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.007>
- Lopez, P. L. (2012). Poblacion, Muestra y Muestreo. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)
- López, R., Avello, R., Palmero, D., Sánchez, S., & Quintana, M. (2019). Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista cubana de medicina militar*.
- Magsamen, K., & Dillon, J. (2020). Adopción de tecnología móvil a lo largo de la vida: una investigación de métodos mixtos para aclarar las etapas de adopción y la influencia de los atributos de difusión. *Computadoras en el comportamiento humano*(112).
- Mariano. (5 de Julio de 2011). *Tecnología de los plásticos*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/poliisopreno-caucho-natural-y-sintetico.html>

- Mariano, T., Fernández, A., Orlandini, S., Codevilla, M., Piqué, T., & Manzanal, D. (2021). Performance of calcium lignosulfonate as a stabiliser of highly expansive clay. *Transportation Geotechnics*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100469>
- Martins, A., Ojars, D., & Maris, S. (s.f.). Road design and construction on low bearing capacity soils using piling method: experience of sllc "latvian state roads". *IOP Publishing*, 1-6. doi:10.1088/1757-899X/1202/1/012020
- Mbengue, M., Gana, A., Messan, A., & Pantet, A. (2022). Geotechnical and mechanical characterization of lateritic soil improved with crushed granite. *Civil Engineering Journal*, 8(5), 843-862.
- Mezzich, D. N., & Sedano, Z. A. (2022). *Influencia de vidrio reciclado y caucho molido en las propiedades del concreto para muros de contención, Santa Clara, Ate, Lima, 2021*. Tesis. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97158>
- Mhaya, A. M., Baharon, S., Baghaban, M. H., Nehdi, M. L., Faridmehr, I., Huseien, G. F., . . . Ismail, M. (2022, 06 05). Systematic Experimental Assessment of POFA Concrete Incorporating Waste Tire Rubber Aggregate. *Polymers*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/polym14112294>
- Modena, M., Rühle, B., Burg, T., & Wuttke, S. (2019). Nanoparticle characterization: what to measure? *Advanced Materials*, 31(32).
- Mohammed, G. A., & AL-Mashhadi, S. A. (2020). Effect of Maximum Aggregate Size on the Strength of Normal and High Strength Concrete. *Civil Engineering Journal*, 06(06). doi:10.28991/cej-2020-03091537
- Montenegro, L. (2023). *Estadística en la vida diaria y en la investigación, La-1ra edición: Usos e interpretación*. Ecoe Ediciones.
- Morales, L., Haurie, L., & Montón, J. (2017). *EL VIDRIO EN LA EDIFICACIÓN. PROPIEDADES*,.
- Moreta, J., & Molina, D. (2022). *Influencia de la inteligencia emocional en el comportamiento de las habilidades sociales en estudiantes universitarios*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.

- Muhammed, A., El-Feky , M. S., Kahail, M., & Nasr, E. A. (2019, 05 20). Performance of geopolymer concrete containing recycled rubber. *Construction and Building Materials.*, 207. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.121>
- Mundaca, E. (2022). *Mejoramiento de Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , reciclado, Lima – 2022*. Tesis, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112989>
- Muñoz, C. I. (2018). *Metodología de la Investigacion*. (A. I., Ed.) Progreso S.A de C.V.
- Muñoz, S., Vidaurre, J., Asenjo, J., & Gavidia, R. (2021). *USO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS TRITURADOS Y APLICADOS AL CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA*. Obtenido de <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>
- Muñoz, S., Vidaurre, J., Asenjo, J., & Gavidia , R. (2021). USO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS TRITURADOS Y APLICADOS AL CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA. *Revista de Investigacion Talentos.*, VIII (I). Obtenido de <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>
- Murugan, R. B., & Natarajan, C. (2015). Home Advances in Structural Engineering Conference paper. *Advances in Structural Engineering*. Retrieved from [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2187-6\\_137](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2187-6_137)
- Naeini, M., Mohammadinia, A., Arulrajah, A., & Horpibulsuk, S. (2021, 02 25). Recycled Glass Blends with Recycled Concrete Aggregates in Sustainable Railway Geotechnics. *Suatainability*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/su13052463>
- NCh 170. (1985). Hormigon - Requiticos Generales. Obtenido de <https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/NCh170Of85.pdf>
- Nieves, C. A. (2018). *Influencia de partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas*. Tesis., Universidad Cesar Vallejo, Lima., Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36766>

- Nishia, I., Kawakami, T., Sakai, S., Obama, T., Kubota, R., Inoue, K., & Ikarashi, Y. (2022, 10 10). Characterization of synthetic turf rubber granule infill in Japan: Polyaromatic hydrocarbons and related compounds. *Science of The Total Environment*, 842. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156684>
- Norma ACI 211. (1991). Diseño de Mezclas de Hormigon. Obtenido de [www.es.slideshare.net](http://www.es.slideshare.net): <https://es.slideshare.net/edwinticonaquispe3/diseo-de-mezclas-concreto-metodo-aci>
- Norma E 060. (2019). Concreto Armado. Obtenido de [www.cip.org.pe](http://www.cip.org.pe): <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Norma E.060. (2019). Concreto Armado. Obtenido de <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- NTP 334.090. (07 de 12 de 2020). Cementos hidraulicos adicionados. Requisitos. 8.
- NTP 339.033. (1999). Hormigon - Metodo de ensayo para la elaboracion y curado de probetas cilindricas de concreto en obra. Obtenido de [www.yumpu.com](http://www.yumpu.com).
- NTP 339.034. (2008). Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la compresion del concreto, en muestras cilindricas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>
- NTP 339.035. (1999). Hormigon - Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del hormigon con el cono de Abrams. Obtenido de [www.pdfcoffee.com](http://www.pdfcoffee.com): <https://www.udocz.com/apuntes/26386/ntp-339-035-1999-metodo-para-la-medicion-del-asentamiento-del-concreto-con-el-cono-de-abrams-1>
- NTP 339.036. (27 de 12 de 2017). Practica para muestreo de mezclas de concreto fresco. 4. Obtenido de <https://pdfcoffee.com>: <https://pdfcoffee.com/ntp-3390362017-concreto-practica-normalizada-para-muestreo-de-mezclas-de-concreto-fresco-4-pdf-free.html>

- NTP 339.079. (2012). Metodo de ensayo para determinara la resistencia a la flexion del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/486729214/NTP-339-079-2012-CONCRETO-Resistencia-a-la-flexion-del-concreto-en-vigas-simplemente-apoyadas-con-cargas-en-el-centro-del-tramo>
- NTP 339.183. (16 de 01 de 2013). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/372901325/NTP-339-183-2013-pdf>
- NTP 400.011. (2008). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956>
- NTP 400.037. (2018). AGREGADO. Agregados para concreto. Requisitos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/509925124/NTP-400-037-2018>
- NTP 400.037, & NTP 400.011. (2018). *Agregados Para Concreto. Requisitos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/509925124/NTP-400-037-2018#>
- Omowumi, A. (2017). Engineering Evaluation of Lateritic Soils of Failed Highway Sections in Southwestern Nigeria. *Geosciences Research*, 2. doi:<https://dx.doi.org/10.22606/gr.2017.23006>
- Osama, Y., Molinos, E. J., Marca, E., Ton, B., Yan, Z., Xiong, M., & Gravina, R. J. (2022, 02). Practical Application of Crumb Rubber Concrete in Residential Slabs. *Structures*, 36. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.12.062>
- Otero, A. (2018). *Enfoques de investigación: Métodos para el diseño urbano-arquitectónico*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326905435\\_ENFOQUES\\_DE\\_INVESTIGACION\\_TABLA\\_DE\\_CONTENIDO\\_Contenido](https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION_TABLA_DE_CONTENIDO_Contenido)



- Pardo , T. (2023). *Comportamiento Mecánico de Suelos Arcillosos Tratados con Lignosulfonato, Para Fines de Cimentación*. Tesis, Universidad Señor de Sipan, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y urbanismo, Chiclayo. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/1FL7NFsAL8IAHdLhKrx3d5SZMGQTpBKI/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1FL7NFsAL8IAHdLhKrx3d5SZMGQTpBKI/view?usp=drive_link)
- Pasquel, E. (1999). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Obtenido de <https://mega.nz/file/AxZikShC#RnmpNAinK6wCdhjyngi22yyB7xmXNEbqX0xZploy9uU>
- Pere, D. (2018). The efficacy of lignosulfonate in controlling the swell potential of expansive soil and its stabilization mechanisms soil and its stabilization mechanism. *University of Wollongong*. doi:[https://ro.uow.edu.au/theses?utm\\_source=ro.uow.edu.au%2Ftheses%2F4483&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://ro.uow.edu.au/theses?utm_source=ro.uow.edu.au%2Ftheses%2F4483&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages)
- Pezo, H., & D'alembert, E. (2022). *Incorporación de lignosulfonato de calcio y cemento para mejorar las propiedades de la subrasante en la carretera Paruro–Cusco–2022*. Universidad Cesar Vallejo.
- Pineda, E. B., Alvarado, E. L., & Canales, F. H. (1994). Metodología de la Investigación. Estados Unidos.
- Pitta, S. (2021). *CONICET: La otra cara del relato*. Libros del Zorzal.
- Piza, N., Amaiquema, F., & Beltrán, G. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado*, 15(70), 455-459.
- Planeta-Medio Ambiente. (21 de Enero de 2022). *BBVA*. Obtenido de <https://revistamedioambiente.bbva>
- Plaza, D. (2023). *Motor.es*. Obtenido de <https://www.motor.es/que-es/caucho>
- Polit, D., & Beck, C. (2019). Resource manual for nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice. *Lippincott Williams & Wilkins*.

- Qiang, S., & Jinming, X. (2023, 10 01). Compression behavior and permeability of concrete composed of glass sand and rice husk ash. *Journal of Building Engineering.*, 76. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2023.107095>
- Qiankun, M., Zhenhao, M., Ming, L., Jicheng, Z., Zhuozhuo, L., Shijie, L., . . . Yuanqi, I. (2023, 06 01). Experimental investigation of concrete prepared with waste rubber and waste glass. (V. P., Ed.) *Ceramics International*. doi:10.1016/j.ceramint.2023.02.058
- Quispe, N., & Zarate, F. J. (2020). *ANALISIS DE LA VARIACION EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*. Cusco.
- Quispe, T., & Villalta, L. (2020). Epistemología e investigación cuantitativa. *IGOVERNANZA*, 3(12), 107-120.
- Raffol, S., Garcia, R., Pilakoutas, K., Guadagnini, M., & Flores, N. (2016, 10 15). Optimisation of rubberised concrete with high rubber content: An experimental investigation. *Construction and Building Materials.*, 124. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.054>
- Ramana, P. V., & Bisht, K. (2017, 11 30). Evaluation of mechanical and durability properties of crumb rubber concrete. *Construction and Building Materials.*, 115. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.131>
- Rebollo, P., & Ábalos, E. (2022). *Metodología de la Investigación/Recopilación*. Autores de Argentina.
- Rey, E. (2021). *Traiga la conciencia de seguridad y el comportamiento de seguridad de su propio dispositivo: un estudio explicativo cuantitativo*. Universidad de Capella.
- Ricardo, J., & Jimenez, E. (2021). *Régimen Especial de Gestión y Manejo*. Obtenido de [cdn.www.gob.pe: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2500985/1ppt\\_NFU.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2500985/1ppt_NFU.pdf)
- Rimac, E. P. (2022). *Incorporación de vidrio molido para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c =210$  kg/cm<sup>2</sup>* Comas, Lima 2022. Tesis, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105576>

- Rodriguez , A., & Vergara, Y. (2023). *Inbound marketing y el posicionamiento de la marca Ricco's Chicken pollería Trujillo, 2023*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- Ruiz, M., & Rodriguez, M. (2016). Evaluación del rendimiento de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finalmente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. *REVISTA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.*, 3. Obtenido de [https://www.academia.edu/34329036/Vidrio\\_en\\_concreto](https://www.academia.edu/34329036/Vidrio_en_concreto)
- Rusca, M., Dimen, L., & Marcuta, L. (2023, 03 05). Environmental pollution due to road vehicles, alternative solutions (electric vehicles, hybrids, bicycles) sustainability of crowded centers of cities. *Scientific papers-series e-land reclamation earth observations & surveying environmental engineering*. Retrieved from <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000931961700020>
- Ruwoldt, J. (2020). A Critical Review of the Physicochemical Properties of Lignosulfonates: Chemical Structure and Behavior in Aqueous Solution, at Surfaces and Interfaces. *Surfaces*. doi:<https://doi.org/10.3390/surfaces3040042>
- Sambucci, M., & Valente, M. (2021, 12 07). Ground Waste Tire Rubber as a Total Replacement of Natural Aggregates in Concrete Mixes: Application for Lightweight Paving Blocks. *Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma14247493>
- Sánchez, A., & Murillo, A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates por la Historia*, 9(2), 147-181.
- Sarkar, P., & Bhowmick, A. K. (2017, 09 20). Sustainable rubbers and rubber additives. *Applied Polymer*, 135. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/app.45701>
- Shah, A. A., Hassan, F., Shah, Z., Kanwal, N., & Zeb, S. (2013, 09). Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review. *International*

*Biodeterioration & Biodegradation.*, 83. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.05.004>

Steyn, Z., Fataar, A., Badafemi, A., & Combrik, R. (2021, 02 01). Concrete containing waste recycled glass, plastic and rubber as sand replacement. *Construction and Building Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121242>

Su, Q., & Xu, J. (2023, 03 03). Durability and mechanical properties of rubber concrete incorporating basalt and polypropylene fibers: Experimental evaluation at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 368. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130445>

Suárez-Navarro, J., Alonso, M., Gascó, C., Pachón, A., Carmona-Quiroga, P., Argiz, C., . . . Puertas, F. (2022). Effect of particle size and composition of granitic sands on the radiological behaviour of mortars. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2021.05.001>

Supo, F., & Cavero, H. (2014). Fundamentos Teóricos y Procedimentales de la Investigación Científica en Ciencias Sociales.

Sušnik, J., & Van der Zaag, P. (2017). Correlación y causalidad entre el Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas y la riqueza y la explotación de recursos nacionales y personales. *Investigación económica-Ekonomski istraživanja*, 30(1), 1705-172.

Syed, A., Muhammad, A., Muhammad, A., & Muhammad, S. (2021). Influence of Granite Cutting Waste Addition on the Geotechnical Parameters of Cohesive Soil. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*. doi:<http://doi.org/10.31695/IJERAT.2019.3459>

Tamanna, N., Tuladhar, R., & Sivakugan, N. (2020, 04 10). Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials.*, 239. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804>

Toledo, N. (2016). Técnica de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa. Mexico.

- UPCT. (2007). Materiales de construcción II. Obtenido de [https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod\\_resource/content/1/Hormigon\\_02.\\_Tipos\\_y\\_propiedades.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02._Tipos_y_propiedades.pdf)
- Valderrama, S. (2015). *Pasos para la elaboración de proyectos de investigación científica*. San Marcos.
- Valencia, J. P., Gonzales, A. M., & Arbelaez, O. F. (07 de 2019). Evaluación de las propiedades mecánicas de concretos modificados con microesferas de vidrio y residuos de llantas. *Lampsakos*(22). Obtenido de <https://doi.org/10.21501/21454086.3283>
- Valente, M., & Sibai, A. (2019, 06 19). Rubber/crete: Mechanical properties of scrap to reuse tire-derived rubber in concrete. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/2280800019835486>
- Vazques, C. P. (2022). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con partículas recicladas de caucho de neumáticos*. Tesis. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4306>
- Xu, P., Lin, Q., & Colmillo, L. (2022). Study of mechanical properties of lignosulfonate-improved loess and its mechanism analysis and perspectives. *Applied Sciences*, 12(19).
- Yang, L., Shuai, Z., Rui, J. W., & Fanning, D. (2019, 11 20). Potential use of waste tire rubber as aggregate in cement concrete – A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 225. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.198>
- Yeager, D., & Dweck, C. (2020). ¿Qué se puede aprender de las controversias sobre la mentalidad de crecimiento? *Psicólogo americano*, 75(9).
- Yilong, H., Zhihan, Y., & Jianzhuang, X. (2021, 01 01). Environmental and economic assessment on 3D printed buildings with recycled concrete. *Journal of Cleaner Production*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123884>

Zapana, R. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos con polímeros reciclados a nivel de la subrasante de la carretera que une el CP de Santa María con la av. Circunvalación del distrito de San Miguel-San Román-Puno*. Universidad Continental.

(s.f.). *Strategies for Advancing Road Construction Slope Stability: Unveiling Innovative* .

Abdullah, G. (2023). Performance of Enhanced Problematic Soils in Roads Pavement Structure. *Simulation and Laboratory Study*.

Aceros Arequipa. (21 de 08 de 2021). *www.aprendafaciles.com*. Obtenido de *www.aprendafaciles.com*: <https://aprendafaciles.com/2021/10/21/losa-aligerada-funcion-y-ventajas-manual-en-pdf/>

Adeoti, G., Agbelele, J., Yabi, C., Kinhou, R., & Alamou, E. (2023). Strategies for Advancing Road Construction Slope Stability: Unveiling Innovative Techniques for Managing Unstable Terrain. *Open Journal of Civil Engineering*, 572-616.

Afshinnia, K., & Rongaraju, P. R. (2016, 08 01). Impact of combined use of ground glass powder and crushed glass aggregate on selected properties of Portland cement concrete. *Construction and Building Materials*, 117. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.072>

Ahmed, S., Zohairy, A., Ahmed, S. E., Badran, M. A., & Abdo, A. (2023, 03 24). Experimental Investigation of Self-Compacting Concrete with Recycled Concrete Aggregate. *Buildings*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/buildings13040856>

Aliabda, A. A., Elmoaty, A. E., & Aboshama, A. Y. (2016, 10 15). Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 124. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.016>

Alireza, M., Yat, W., Arul, A., & Suksun, H. (2019, 02 10). Strength evaluation of utilizing recycled plastic waste and recycled crushed glass in concrete footpaths. *Construction and Building Materials*, 197. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.192>

- Almeida, T. (2020, 07 12). Design Glass Objects: The Portuguese Panorama. *Arts*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/arts9030079>
- Amhadi, T., & Assaf, G. (2021). Improvement of pavement subgrade by adding cement and fly ash to natural desert sand. . *Infrastructures*, 6(1-13), 151.
- Amulya, G., Almajed, A., Moghal, A., & Basha, B. (2022). Coupled effect of granite sand and calcium lignosulphonate on the strength behavior of cohesive soil. *Buildings*, 3-10.
- Amulya, G., Moghal, A., Basha, B., & Almahed, A. (2020). Characterization of expansive soils treated with lignosulfonate. *Revista Internacional de Geingenieria*. doi:DOI: 10.16285/j.rsm.2021.5151
- Amulya, G., Moghal, A., Basha, B., & Almajed, A. (2021). Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil. *Buildings*. doi:<https://doi.org/10.3390/buildings12101687>
- Andia, N. (2022). *Fibra de maguey con lignosulfonato de calcio para la estabilización de suelo limoso de la vía Alto Qosqo, Cusco, 2022*. Lima : Universidad Cesar Vallejo .
- Arancibia, M. (2019). *Estudio cuasi experimental, sobre el uso del método Doman en el aprendizaje del proceso lector en alumnos de primero básico del colegio Saint Francis College* (. Universidad Gabriela Mistral.
- Arias, J. L. (2020). *Metodos de Investigacion Online*. Arequipa, Peru.
- Arispe, C. M., Yangali, J. S., Guerrero, M. A., Rivera, O., Acuña, L. A., & Arellano, C. (2020). *LA INVESTIGACION CIENTIFICA (Una aproximacion para los estudios de posgrado)* (Vol. 1). (U. I. Ecuador, Ed.) Obtenido de <https://es.scribd.com/document/490964483/Libro-Investigacion-EPG-7-pdf#>
- Arquitecturacivil. (2019). *www.arquitecturacivil.blog*. Obtenido de [www.arquitecturacivil.blog](https://www.arquitecturacivil.blog): <https://arquitecturacivil.blog/estructura/dosificacion-de-concreto-210-kg-cm2/#:~:text=El%20concreto%20de%20210%20kg,a%20la%20compresi%C3%B3n%20relativamente%20alta>.
- ASTM C 293. (2011). Resistencia a la flexion de vigas de concreto (carga al centro). Obtenido de <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/ensayos/3-concreto/3.13.pdf>

- ASTM C 293, & NTP 339.034. (s.f.). *www.es.scribd.com*. Obtenido de *www.es.scribd.com*.
- ASTM C143. (2015). Asentamiento del hormigón fresco. Obtenido de *www.es.slideshare.net*:  
[https://www.academia.edu/12268748/Resumen\\_ASTM\\_C143](https://www.academia.edu/12268748/Resumen_ASTM_C143)
- ASTM C31. (08 de 03 de 2022). *www.es.slideshare.net*. Obtenido de *www.es.slideshare.net*: <https://es.slideshare.net/JhulianaNieva1/astm-c31-elaboracion-y-curado-compresion>
- ASTM C39. (2020). DETERMINACION DE LEFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES. Obtenido de *www.udocz.com*:  
<https://www.udocz.com/apuntes/14266/resumen-astm-c39-pdf-1>
- Ayuntamiento de Alpedrete. (2017). *www.alpedrete.es*. Obtenido de *www.alpedrete.es*: <https://www.alpedrete.es/1-botella-vidrio-tarda-4000-anos-degradarse-alpedrete-recogio-201-195-kg-2017/#:~:text=el%20medio%20ambiente,-,1%20botella%20de%20vidrio%20tarda%204000%20a%C3%B1os%20en%20degradarse.,basta%20con%20romperlo%20y%20fundirlo>.
- Bai, Z., Li, D., Zhao, D., Lu, W., & Liu, J. (2023). Experimental Research on Collapsibility of Xi'an Loess Improved by Calcium Lignosulfonate. *Coatings*, 13(1).
- Barbiera, D., Hoffa, I., Britt, M., & Engeness, M. (2019). Organosilane and Lignosulfonate as innovative stabilization techniques for crushed rocks used in road unbound layers. *Elsevier*, 18, 132-141. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2019.100308>
- Bautista, J. (2022). *Aplicación de cal hidratada con ceniza de madera para la estabilidad de la subrasante en la carretera Larampuquio–Accocapillapata, Ayacucho, 2022*. Universidad Cesar Vallejo.
- Beltran, A. A. (2021). *Efecto de la adición de caucho reciclado molido en 1%, 3% y 5%, en la resistencia a la compresión en un concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>, Ancash 2020*. Tesis, Huaraz. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20564>



- Benegas, Y. M., & Hurtado, E. M. (2017). *AGREGADOS DE LA CONSTRUCCION*. Obtenido de [https://hctarelo.weebly.com/uploads/4/6/9/7/46979447/06\\_agregados.pdf](https://hctarelo.weebly.com/uploads/4/6/9/7/46979447/06_agregados.pdf)
- Bhardwaj, P. (2019). Types of sampling in research. *Journal of Primary Care Specialties*, 5(3), 157-163.
- Borbon, A., & Alpuche, M. (2022). *Energia y Medio Ambiente en Edificaciones*. (Vol. 1). Mexico. doi:ORG/10.52501/CC.72
- Borja, M. (2016). *Metodologia de la Investigacion Cientifica para Ingenieros*.
- Brake, N. A., Allahdadi, H., & Adam, F. (2016, 06 15). Flexural strength and fracture size effects of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 113. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.045>
- Cai, Y., & Mingxi, O. (2023). Experimental study on expansive soil improved by lignin and its derivatives. *Sustainability*. doi:<https://doi.org/10.3390/su15118764>
- Carrasco, S. (2006). *Metodologia de la Investigacion Cientifica* (1 ed.). San Marcos.
- Castro, D. V. (2019). *COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO A ALTAS TEMPERATURAS CON MATERIAL RECICLADO: POLVO DE CAUCHO Y VIDRIO SÓDICO CÁLCICO*. Tesis. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6091>
- Cianciosi, P., & Marino, M. (2014). *Vidrio*. Obtenido de <https://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qaplicada/Vidrio.pdf>
- CIP16 - Resistencia al a flexion del concreto. (2017). [www.concretesupplyco.com](http://www.concretesupplyco.com). Obtenido de [www.concretesupplyco.com](http://www.concretesupplyco.com): <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>
- Cisneros, A., Guevara, A., Urdánigo, J., & Garcés, J. (2022). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia. *Domino de las Ciencias*, 8(1), 1165-1185.
- Concreto Armado. (22 de 04 de 2022). [www.construneic.com](http://www.construneic.com). Obtenido de [www.construneic.com](http://www.construneic.com): <https://construneic.com/concreto-armado/viga-de-concreto/>

- Covinos, M., & Arias, J. L. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación* (1 ed.). Arequipa, Peru.
- D Santa Cruz, M. (2019). *Determinación del espesor de mejoramiento de subrasante con presencia de suelos blandos*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- De la Rosa, A. (2018). Sistema de gestión de la información en el proceso de pesaje, Pesatron. *Universidad & ciencia*, 7(1), 68-86.
- Desguases. (21 de Enero de 2021). *Desguase la Cabaña*. Obtenido de <https://xn--desguaceslacabaa-lub.com/blog/cuanto-tarda-un-neumatico-en-degradarse/>
- Diao, Y., Chen, L., & Huang, Y. (2023, 03 23). Experimental Study on Mechanical Properties of Concrete Containing Waste Glass and Its Application on Concrete-Filled Steel Tubular Columns. *Processes*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/pr11040975>
- Dihigo, J. (2021). *Metodología de la investigación para administradores*. Ediciones de la U.
- E 060. (2019). CONCRETO ARMADO.
- Eltwati, A., Tarhuni, F., & Elkaseh, A. (2020). Engineering properties of clayey soil stabilized with waste granite dust. *Journal of Critical Reviews*, 7(16), 794-802.
- Fazli, A., & Rodrigue, D. (2020, 02 27). Waste Rubber Recycling: A Review on the Evolution and Properties of Thermoplastic Elastomers. *Materials.*, 13(3). Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma13030782>
- Fernandez, M., Gil, L., Carboel, J., & Hernandez, E. (2018, 06 10). Epoxy resin and ground tyre rubber replacement for cement in concrete: Compressive behaviour and durability properties. *Construction and Building Materials.*, 173. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.004>
- Fidalgo, A., & Alonso, E. (2023). De cosas sagradas, tabúes y ortopraxis. el concepto de lulik en Timor-Leste. *Mana*.
- Fuentes, D., Toscano, A., Malvaceda, E., Díaz Ballesteros, J., & Díaz, L. (2020). Metodología de la investigación: Conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas y contables.

- Gallardo, E. E. (2017). *Metodología de la Investigación - Manual Autoformativo Interactivo* (Vol. 1). Huancayo, Peru: Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe>
- Gani, A., Imtiaz, N., Rathakrishnan, M., & Krishnasamy, H. (2020). A pilot test for establishing validity and reliability of qualitative interview in the blended learning English proficiency course. *Journal of critical reviews*, 7(5), 140-143.
- Gebremichael, N. N., Jadidi, K., & Karakouzian, M. (2023, 08 15). Waste glass recycling: The combined effect of particle size and proportion in concrete manufactured with waste recycled glass. *Construction and Building Materials*, 392. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132044>
- Gkartzonikas, C., & Gkritza, K. (2019). ¿Qué hemos aprendido? Una revisión de los estudios de preferencia y elección declarada sobre vehículos autónomos. *Investigación en transporte Parte C: Tecnologías emergentes*, 98, 323-337.
- Goodman, J., Bradley, M., & Clarkson, P. (2020). Competencia y experiencia en tecnología digital en la población del Reino Unido: quién puede hacer qué. *Ergonomía y Factores Humanos*.
- Gravina, R. J., & Tianyu, X. (2022, 01 10). Toward the development of sustainable concrete with Crumb Rubber: Design-oriented Models, Life-Cycle-Assessment and a site application. *Construction and Building Materials*, 315. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125565>
- Guarniz, M., & Risco, W. J. (2022). *Influencia de polipropileno y caucho reciclado en la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para viviendas-Chimbote, 2022*. Chimbote.
- Guillen, L. F., & Llerena, I. M. (2020). *Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3711>
- Guo, P., Bao, Y., & Meing, W. (08 de 04 de 2021). Review of using glass in high-performance fiber-reinforced cementitious composites. *Cement and Concrete Composites*, 120. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104032>
- Gupta, T., Chaudhary, S., & Sharma, R. K. (2016, 01 26). Mechanical and durability properties of waste rubber fiber concrete with and without silica

fume. *Journal of Cleaner Production*, 112. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.081>

Hamadaa, M., Bendito, T., Yahaya, F. M., Mutusamy, K., Yang, J., Abdalla, J. A., & Hawileh, R. A. (2021). Sustainable use of palm oil fuel ash as a supplementary cementitious material: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102286>

Hamzah, H. K., Huseien, G. F., Asaad, M. A., Georgescu, D. P., Ghoshal, S. K., & Alrshoudi, F. (2021, 12). Effect of waste glass bottles-derived nanopowder as slag replacement on mortars with alkali activation: Durability characteristics. *Case Studies in Construction Materials*., 15. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00775>

Haro, K. F. (2022). *Evaluación mecánica de bordillos prefabricados elaborados con hormigón que contiene áridos reciclados provenientes de elementos estructurales usados como sustituto parcial del árido natural*. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23241>

Hassan, R. D., Kaveh, A., & Prasada, R. R. (2018, 01). Efficiency of Ground Glass Fiber as a cementitious material, in mitigation of alkali-silica reaction of glass aggregates in mortars and concrete. *Journal of Building Engineering*., 15. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.11.018>

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Mexico.

Hernandez, E., & Rojas, J. P. (2021). *Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino*. Tesis. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/27150>

Hernandez, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

Ho, A. C., Turatsinze, A., Hameed, R., & Vu, D. C. (2012, 03 01). Effects of rubber aggregates from grinded used tyres on the concrete resistance to cracking. *Journal of Cleaner Production*., 23(01). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.016>

- Huaroc, M. E. (2021). *Adición de vidrio reciclado con residuos inertes para mejorar las propiedades mecánicas del concreto 210kg/cm<sup>2</sup> en estructuras de edificaciones*, Lima, 2021. Tesis, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/94711>
- Iglesias, M. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos* (Vol. 9). Noveduc.
- Ihsan, A., Onuralp, Y., Zeybek, O., Karalar, M., Qaidi, C., Ahmad, Y., . . . Bejinariu, C. (2022, 11 15). Mechanical Behavior of Crushed Waste Glass as Replacement of Aggregates. *Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma15228093>
- Ihsan, A., Onuralp, Y., Zeybek, O., Karalar, M., Qaidi, S., Ahmad, J., . . . Bejinariu, C. (2022). Mechanical Behavior of Crushed Glass Waste as Aggregate Replacement. *Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma15228093>
- INEI. (Octubre de 2019). *www.inei.gob.pe*. Obtenido de [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe): [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1702/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1702/libro.pdf)
- Javdanian, H., & Lee, S. (2019). Evaluating unconfined compressive strength of cohesive soils stabilized with geopolymer: a computational intelligence approach. *Engineering with Computers*, 191-199.
- Kan, T., Strezov, V., & Evans, T. (2017, 03 01). Fuel production from pyrolysis of natural and synthetic rubbers. *Fuel*, 191. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.100>
- Kassam, S., Marcellus, L., Clark, N., & O'Mahony, J. (2020). Aplicar la interseccionalidad con la teoría fundamentada constructiva como un enfoque de investigación innovador para estudiar poblaciones complejas: demostrar congruencia. *Revista Internacional de Métodos Cualitativos*, 19.
- Kim, S., Hong, W., & Lee, J. (2019). Role of the coefficient of uniformity on the California bearing ratio, penetration resistance, and small strain stiffness of coarse arctic soils. *Cold Regions Science and Technology*, 230-241.
- Kohv, K., & Lukason, O. (2021). What best predicts corporate bank loan defaults? An analysis of three different variable domains. *Riesgos*, 9(2), . Risks, 9(2), 29.

- Krechowiecki-Shaw, C., Jefferson, I., Royal, A., Ghataora, G., & Alobaidi, I. (2016). Degradation of soft subgrade soil from slow, large, cyclic heavy-haul road loads: a review. *Geotechnical Journal*, 1435-1449.
- Kumar, L., & Kumar, A. (2018). Impact on mechanical properties of cement sand mortar containing waste granite powder,. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.203>
- Kyngäs, H., Kääriäinen, M., & Elo, S. (2020). La confiabilidad del análisis de contenido. *La aplicación del análisis de contenido en la investigación en ciencias de enfermería*, 41-48.
- Leon, M. P., & Ramirez, F. (08 de 2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista Ingeniería de Construcción.*, 25(02). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>
- Leyk, S., Gaughan, A., Adamo, S., De Sherbinin, A., & Pesaresi, M. (2019). La asignación espacial de la población: una revisión de productos de datos de población cuadrículados a gran escala y su idoneidad para su uso. *Datos científicos del sistema terrestre*, 1385-1409.
- Ling, C. T., Yu, G. J., Wu, J., Chen, W., & Li, B. (2019, 12 20). Cement pastes modified with recycled glass and supplementary cementitious materials: Properties at the ambient and high temperatures. *Journal of Cleaner Production.*, 241. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118155>
- Liu, F., Xu, X., Li, X., Wei, W., Wang, X., Liu, K., & Liu, Z. (2018, 12 28). Batch grinding kinetics of scrap tire rubber particles in a fluidized-bed jet mill. *Powder Technology.*, 305. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.10.019>
- Llanto, Y. (01 de 2016). *www.udocz.com*. Obtenido de [www.udocz.com](http://www.udocz.com): <https://www.udocz.com/apuntes/413286/vidrio-propiedades>
- Lo Presti, D. (2013, 12). Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review. *Construction and Building Materials.*, 49. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.007>

- Lopez, P. L. (2012). Poblacion, Muestra y Muestreo. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)
- López, R., Avello, R., Palmero, D., Sánchez, S., & Quintana, M. (2019). Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista cubana de medicina militar*.
- Magsamen, K., & Dillon, J. (2020). Adopción de tecnología móvil a lo largo de la vida: una investigación de métodos mixtos para aclarar las etapas de adopción y la influencia de los atributos de difusión. *Computadoras en el comportamiento humano*(112).
- Mariano. (5 de Julio de 2011). *Tecnología de los plasticos*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/poliisopreno-caucho-natural-y-sintetico.html>
- Mariano, T., Fernández, A., Orlandini, S., Codevilla, M., Piqué, T., & Manzanal, D. (2021). Performance of calcium lignosulfonate as a stabiliser of highly expansive clay. *Transportation Geotechnics*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100469>
- Martins, A., Ojars, D., & Maris, S. (s.f.). Road design and construction on low bearing capacity soils using piling method: experience of slc "latvian state roads". *IOP Publishing*, 1-6. doi:10.1088/1757-899X/1202/1/012020
- Mbengue, M., Gana, A., Messan, A., & Pantet, A. (2022). Geotechnical and mechanical characterization of lateritic soil improved with crushed granite. *Civil Engineering Journal*, 8(5), 843-862.
- Mezzich, D. N., & Sedano, Z. A. (2022). *Influencia de vidrio reciclado y caucho molido en las propiedades del concreto para muros de contención, Santa Clara, Ate, Lima, 2021*. Tesis. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97158>
- Mhaya, A. M., Baharon, S., Baghaban, M. H., Nehdi, M. L., Faridmehr, I., Huseien, G. F., . . . Ismail, M. (2022, 06 05). Systematic Experimental Assessment of POFA Concrete Incorporating Waste Tire Rubber Aggregate. *Polymers*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/polym14112294>
- Modena, M., Rühle, B., Burg, T., & Wuttke, S. (2019). Nanoparticle characterization: what to measure? *Advanced Materials*, 31(32).

- Mohammed, G. A., & AL-Mashhadi, S. A. (2020). Effect of Maximum Aggregate Size on the Strength of Normal and High Strength Concrete. *Civil Engineering Journal.*, 06(06). doi:10.28991/cej-2020-03091537
- Montenegro, L. (2023). *Estadística en la vida diaria y en la investigación, La-1ra edición: Usos e interpretación*. Ecoe Ediciones.
- Morales, L., Haurie, L., & Montón, J. (2017). *EL VIDRIO EN LA EDIFICACIÓN. PROPIEDADES.*
- Moreta, J., & Molina, D. (2022). *Influencia de la inteligencia emocional en el comportamiento de las habilidades sociales en estudiantes universitarios*. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Muhammed, A., El-Feky , M. S., Kahail, M., & Nasr, E. A. (2019, 05 20). Performance of geopolymer concrete containing recycled rubber. *Construction and Building Materials.*, 207. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.02.121>
- Mundaca, E. (2022). *Mejoramiento de Propiedades Físico-Mecánicas del Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , reciclado, Lima – 2022*. Tesis, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112989>
- Muñoz, C. I. (2018). *Metodología de la Investigacion*. (A. I., Ed.) Progreso S.A de C.V.
- Muñoz, S., Vidaurre, J., Asenjo, J., & Gavidia, R. (2021). *USO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS TRITURADOS Y APLICADOS AL CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA*. Obtenido de <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>
- Muñoz, S., Vidaurre, J., Asenjo, J., & Gavidia , R. (2021). USO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS TRITURADOS Y APLICADOS AL CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA. *Revista de Investigacion Talentos.*, VIII (I). Obtenido de <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>
- Murugan, R. B., & Natarajan, C. (2015). Home Advances in Structural Engineering Conference paper. *Advances in Structural Engineering*. Retrieved from [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2187-6\\_137](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2187-6_137)
- Naeini, M., Mohammadinia, A., Arulrajah, A., & Horpibulsuk, S. (2021, 02 25). Recycled Glass Blends with Recycled Concrete Aggregates in Sustainable



- Railway Geotechnics. *Sustainability*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/su13052463>
- NCh 170. (1985). Hormigon - Requisites Generales. Obtenido de <https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/NCh170Of85.pdf>
- Nieves, C. A. (2018). *Influencia de partículas de caucho reciclado en las propiedades mecánicas*. Tesis., Universidad Cesar Vallejo, Lima., Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36766>
- Nishia, I., Kawakamib, T., Sakai, S., Obamab, T., Kubota, R., Inouec, K., & Ikarashib, Y. (2022, 10 10). Characterization of synthetic turf rubber granule infill in Japan: Polyaromatic hydrocarbons and related compounds. *Science of The Total Environment.*, 842. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156684>
- Norma ACI 211. (1991). Diseño de Mezclas de Hormigon. Obtenido de [www.es.slideshare.net](http://www.es.slideshare.net): <https://es.slideshare.net/edwinticonaquispe3/diseo-de-mezclas-concreto-metodo-aci>
- Norma E 060. (2019). Concreto Armado. Obtenido de [www.cip.org.pe](http://www.cip.org.pe): <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Norma E.060. (2019). Concreto Armado. Obtenido de <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- NTP 334.090. (07 de 12 de 2020). Cementos hidraulicos adicionados. Requisitos. 8.
- NTP 339.033. (1999). Hormigon - Metodo de ensayo para la elaboracion y curado de probetas cilindricas de concreto en obra. Obtenido de [www.yumpu.com](http://www.yumpu.com).
- NTP 339.034. (2008). Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la compresion del concreto, en muestras cilindricas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>
- NTP 339.035. (1999). Hormigon - Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del hormigon con el cono de Abrams. Obtenido de [www.pdfcoffee.com](http://www.pdfcoffee.com): <https://https://www.udocz.com/apuntes/26386/ntp-339-035-1999-metodo-para-la-medicion-del-asentamiento-del-concreto-con-el-cono-de-abrams-1>

- NTP 339.036. (27 de 12 de 2017). Practica para muestreo de mezclas de concreto fresco. 4. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/ntp-3390362017-concreto-practica-normalizada-para-muestreo-de-mezclas-de-concreto-fresco-4-pdf-free.html>
- NTP 339.079. (2012). Metodo de ensayo para determinar la resistencia a la flexion del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/486729214/NTP-339-079-2012-CONCRETO-Resistencia-a-la-flexion-del-concreto-en-vigas-simplemente-apoyadas-con-cargas-en-el-centro-del-tramo>
- NTP 339.183. (16 de 01 de 2013). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/372901325/NTP-339-183-2013-pdf>
- NTP 400.011. (2008). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956>
- NTP 400.037. (2018). AGREGADO. Agregados para concreto. Requisitos. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/509925124/NTP-400-037-2018>
- NTP 400.037, & NTP 400.011. (2018). *Agregados Para Concreto. Requisitos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/509925124/NTP-400-037-2018#>
- Omowumi, A. (2017). Engineering Evaluation of Lateritic Soils of Failed Highway Sections in Southwestern Nigeria. *Geosciences Research*, 2. doi:<https://dx.doi.org/10.22606/gr.2017.23006>
- Osama, Y., Molinos, E. J., Marca, E., Ton, B., Yan, Z., Xiong, M., & Gravina, R. J. (2022, 02). Practical Application of Crumb Rubber Concrete in Residential Slabs. *Structures*, 36. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.12.062>
- Otero, A. (2018). *Enfoques de investigación: Métodos para el diseño urbano-arquitectónico*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326905435\\_ENFOQUES\\_DE\\_INVESTIGACION\\_TABLA\\_DE\\_CONTENIDO\\_Contenido](https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION_TABLA_DE_CONTENIDO_Contenido)

- Pardo , T. (2023). *Comportamiento Mecánico de Suelos Arcillosos Tratados con Lignosulfonato, Para Fines de Cimentación*. Tesis, Universidad Señor de Sipan, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y urbanismo, Chiclayo. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/1FL7NFsAL8IAHdLhKrx3d5SZMGQTpBKI/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/1FL7NFsAL8IAHdLhKrx3d5SZMGQTpBKI/view?usp=drive_link)
- Pasquel, E. (1999). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Obtenido de <https://mega.nz/file/AxZikShC#RnmpNAinK6wCdhjyngi22yyB7xmXNEbqX0xZpIoy9uU>
- Pere, D. (2018). The efficacy of lignosulfonate in controlling the swell potential of expansive soil and its stabilization mechanisms soil and its stabilization mechanism. *University of Wollongong*. doi:[https://ro.uow.edu.au/theses?utm\\_source=ro.uow.edu.au%2Ftheses%2F4483&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://ro.uow.edu.au/theses?utm_source=ro.uow.edu.au%2Ftheses%2F4483&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages)
- Pezo, H., & D'alembert, E. (2022). *Incorporación de lignosulfonato de calcio y cemento para mejorar las propiedades de la subrasante en la carretera Paruro–Cusco–2022*. Universidad Cesar Vallejo.
- Pineda, E. B., Alvarado, E. L., & Canales, F. H. (1994). Metodología de la Investigación. Estados Unidos.
- Pitta, S. (2021). *CONICET: La otra cara del relato*. Libros del Zorzal.
- Piza, N., Amaiquema, F., & Beltrán, G. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado*, 15(70), 455-459.
- Planeta-Medio Ambiente. (21 de Enero de 2022). *BBVA*. Obtenido de <https://revistamedioambiente.bbva>
- Plaza, D. (2023). *Motor.es*. Obtenido de <https://www.motor.es/que-es/caucho>
- Polit, D., & Beck, C. (2019). Resource manual for nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice. *Lippincott Williams & Wilkins*.
- Qiang, S., & Jinming, X. (2023, 10 01). Compression behavior and permeability of concrete composed of glass sand and rice husk ash. *Journal of Building Engineering*, 76. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107095>
- Qiankun, M., Zhenhao, M., Ming, L., Jicheng, Z., Zhuozhuo, L., Shijie, L., . . . Yuanqui, I. (2023, 06 01). Experimental investigation of concrete prepared

with waste rubber and waste glass. (V. P., Ed.) *Ceramics International*.  
doi:10.1016/j.ceramint.2023.02.058

Quispe, N., & Zarate, F. J. (2020). *ANALISIS DE LA VARIACION EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*. Cusco.

Quispe, T., & Villalta, L. (2020). Epistemología e investigación cuantitativa. *IGOVERNANZA*, 3(12), 107-120.

Raffol, S., Garcia, R., Pilakoutas, K., Guadagnini, M., & Flores, N. (2016, 10 15). Optimisation of rubberised concrete with high rubber content: An experimental investigation. *Construction and Building Materials*, 124. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.054>

Ramana, P. V., & Bisht, K. (2017, 11 30). Evaluation of mechanical and durability properties of crumb rubber concrete. *Construction and Building Materials*, 115. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.131>

Rebollo, P., & Ábalos, E. (2022). *Metodología de la Investigación/Recopilación*. Autores de Argentina.

Rey, E. (2021). *Traiga la conciencia de seguridad y el comportamiento de seguridad de su propio dispositivo: un estudio explicativo cuantitativo*. Universidad de Capella.

Ricardo, J., & Jimenez, E. (2021). *Régimen Especial de Gestión y Manejo*. Obtenido de [cdn.www.gob.pe: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2500985/1ppt\\_NFU.pdf.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2500985/1ppt_NFU.pdf.pdf)

Rimac, E. P. (2022). *Incorporación de vidrio molido para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c =210$  kg/cm<sup>2</sup>* Comas, Lima 2022. Tesis, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105576>

Rodriguez , A., & Vergara, Y. (2023). *Inbound marketing y el posicionamiento de la marca Ricco's Chicken pollería Trujillo, 2023*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.

Ruiz, M., & Rodriguez, M. (2016). Evaluación del rendimiento de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finalmente molido enreemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. *REVISTA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES*, 3. Obtenido de [https://www.academia.edu/34329036/Vidrio\\_en\\_concreto](https://www.academia.edu/34329036/Vidrio_en_concreto)

- Rusca, M., Dimen, L., & Marcuta, L. (2023, 03 05). Environmental pollution due to road vehicles, alternative solutions (electric vehicles, hybrids, bicycles) sustainability of crowded centers of cities. *Scientific papers-series e-land reclamation earth observations & surveying environmental engineering*. Retrieved from <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000931961700020>
- Ruwoldt, J. (2020). A Critical Review of the Physicochemical Properties of Lignosulfonates: Chemical Structure and Behavior in Aqueous Solution, at Surfaces and Interfaces. *Surfaces*. doi:<https://doi.org/10.3390/surfaces3040042>
- Sambucci, M., & Valente, M. (2021, 12 07). Ground Waste Tire Rubber as a Total Replacement of Natural Aggregates in Concrete Mixes: Application for Lightweight Paving Blocks. *Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ma14247493>
- Sánchez, A., & Murillo, A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates por la Historia*, 9(2), 147-181.
- Sarkar, P., & Bhowmick, A. K. (2017, 09 20). Sustainable rubbers and rubber additives. *Applied Polymer*, 135. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/app.45701>
- Shah, A. A., Hassan, F., Shah, Z., Kanwal, N., & Zeb, S. (2013, 09). Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 83. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.05.004>
- Steyn, Z., Fataar, A., Badafemi, A., & Combrink, R. (2021, 02 01). Concrete containing waste recycled glass, plastic and rubber as sand replacement. *Construction and Building Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121242>
- Su, Q., & Xu, J. (2023, 03 03). Durability and mechanical properties of rubber concrete incorporating basalt and polypropylene fibers: Experimental evaluation at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 368. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130445>

- Suárez-Navarro, J., Alonso, M., Gascó, C., Pachón, A., Carmona-Quiroga, P., Argiz, C., . . . Puertas, F. (2022). Effect of particle size and composition of granitic sands on the radiological behaviour of mortars. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2021.05.001>
- Supo, F., & Cavero, H. (2014). Fundamentos Teóricos y Procedimentales de la Investigación Científica en Ciencias Sociales.
- Sušnik, J., & Van der Zaag, P. (2017). Correlación y causalidad entre el Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas y la riqueza y la explotación de recursos nacionales y personales. *Investigación económica-Ekonomski istraživanja*, 30(1), 1705-172.
- Syed, A., Muhammad, A., Muhammad, A., & Muhammad, S. (2021). Influence of Granite Cutting Waste Addition on the Geotechnical Parameters of Cohesive Soil. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*. doi:<http://doi.org/10.31695/IJERAT.2019.3459>
- Tamanna, N., Tuladhar, R., & Sivakugan, N. (2020, 04 10). Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 239. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804>
- Toledo, N. (2016). Técnica de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa. Mexico. UPCT. (2007). Materiales de construcción II. Obtenido de [https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod\\_resource/content/1/Hormigon\\_02.\\_Tipos\\_y\\_propiedades.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02._Tipos_y_propiedades.pdf)
- Valderrama, S. (2015). *Pasos para la elaborar proyectos de investigación científica*. San Marcos.
- Valencia, J. P., Gonzales, A. M., & Arbelaez, O. F. (07 de 2019). Evaluación de las propiedades mecánicas de concretos modificados con microesferas de vidrio y residuos de llantas. *Lampsakos*(22). Obtenido de <https://doi.org/10.21501/21454086.3283>
- Valente, M., & Sibai, A. (2019, 06 19). Rubber/crete: Mechanical properties of scrap to reuse tire-derived rubber in concrete. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/2280800019835486>

- Vazques, C. P. (2022). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con partículas recicladas de caucho de neumáticos*. Tesis. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4306>
- Xu, P., Lin, Q., & Colmillo, L. (2022). Study of mechanical properties of lignosulfonate-improved loess and its mechanism analysis and perspectives. *Applied Sciences*, 12(19).
- Yang, L., Shuai, Z., Rui, J. W., & Faning, D. (2019, 11 20). Potential use of waste tire rubber as aggregate in cement concrete – A comprehensive review. *Construction and Building Materials*., 225. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.198>
- Yeager, D., & Dweck, C. (2020). ¿Qué se puede aprender de las controversias sobre la mentalidad de crecimiento? *Psicólogo americano*, 75(9).
- Yilong, H., Zhihan, Y., & Jianzhuang, X. (2021, 01 01). Environmental and economic assessment on 3D printed buildings with recycled concrete. *Journal of Cleaner Production*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123884>
- Zapana, R. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos con polímeros reciclados a nivel de la subrasante de la carretera que une el CP de Santa María con la av. Circunvalación del distrito de San Miguel-San Román-Puno*. Universidad Continental.

## ANEXOS

**Tabla 49.** Matriz de operacionalización de variables.

Título: Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos Ruta LO-545, Loreto, 2023.					
Autor: Trigo Cavero, Carlos Igor					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Uso de Arena Granítica (GS) y Lignosulfonato de Calcio (CLS)	La arena granítica (GS) es un subproducto obtenido de la etapa de trituración primaria de los áridos y/o agregados. Es un material no plástico que se encuentra en canteras; Y esta a su vez se clasifica como arena mal graduada (SP) según la Norma ASTM D 2487. De color gris, la textura de la arena granítica (GS) es granular, irregular y angular.	Se plantea desarrollar una mezcla y/o combinación con la arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS). En este contexto, se busca introducir investigación y el desarrollo de estabilizadores no tradicionales, afirmando su sostenibilidad y economía.	Estabilizador mecánico: Arena Granítica (GS)	Dosificación en peso del Suelo 20%	De Razón
	El lignosulfonato de calcio (CLS) es un polímero de base biológica. Es un polvo amorfo de color amarillo-marrón de naturaleza hidrófila y contiene un anillo de benceno. El lignosulfonato de calcio (CLS) es un material no tóxico, no corrosivo y no alcalino y no produce compuestos nocivos después de reacciones químicas.		Estabilizador químico: Lignosulfonato de Calcio (CLS)	Dosificación en peso del Suelo 2%, 4% y 6%	De Razón
Propiedades Físicas y Mecánicas de Suelos Cohesivos	Las propiedades mecánicas y físicas de los materiales vienen determinadas por su composición química y su estructura interna, como el tamaño del grano o la estructura cristalina. Sin embargo, estas propiedades pueden alterarse bajo determinadas condiciones.	Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en las superficies de rodadura, bases, subrasante natural.	Ensayo de Compactación Proctor Modificado NTP 339.141 ASTM D 1557 MTC E 115	Optimo Contenido de Humedad ( $W_o$ ) en % Porcentaje	De Razón
			Valor de la Relación de Soporte NTP 339.145 ASTM D 1883 MTC E 132	Peso Unitario Seco Máximo ( $\gamma_{dmax}$ ) en gr/cm <sup>3</sup>	De Razón
				CBR Número Golpes 12, 26 y 55 Grado de Compactación 95 %, 100 %	De Razón

Fuente: *Elaboración Propia*



**Tabla 50. Matriz de consistencia**

**Título:** Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos Ruta LO-545, Loreto, 2023.

**Autor:** Trigo Cervero, Carlos Iqor

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>V1</b>	Estabilizador mecánico: Arena Granítica (GS)	Dosificación en peso del Suelo 20%	Instrumentos, Equipos y Ficha técnica de Laboratorio	Tipo de investigación: Aplicada
PG: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023?	OG: Demostrar como el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.	HG: El uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye favorablemente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.	Uso de Arena Granítica (GS) y Lignosulfonato de Calcio (CLS)	Estabilizador químico: Lignosulfonato de Calcio (CLS)	Dosificación en peso del Suelo 2% 4% 6%		Enfoque de investigación: Cuantitativa
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>V2</b>				El diseño de la investigación: Cuasi Experimental
PE1: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en el óptimo contenido de humedad (W <sub>o</sub> ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023?	OE1: Identificar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el óptimo contenido de humedad (W <sub>o</sub> ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.	HE1: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el óptimo contenido de humedad (W <sub>o</sub> ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.		Ensayo de Compactación Proctor Modificado	Óptimo Contenido de Humedad (W <sub>o</sub> )  % Porcentaje		Población: La población objetivo está enmarcada en una carretera que se jerarquiza como Red Vial Vecinal o Rural y de clasificación por demanda como Trocha Carrozable la misma que tiene una longitud de 31 784 metros lineales (31+784 Km)
PE2: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en la densidad máxima (γ <sub>dmax</sub> ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023?	OE2: Identificar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en la densidad máxima (γ <sub>dmax</sub> ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.	HE2: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en la densidad máxima (γ <sub>dmax</sub> ) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.	Propiedades Físicas y Mecánicas de Suelos Cohesivos	NTP 339.141 ASTM D 1557 MTC E 115	Peso Unitario Seco Máximo (γ <sub>dmax</sub> )  gr/cm <sup>3</sup>	Manual de ensayos de materiales del MTC.	Muestra: En esta investigación se tomará los tramos más desfavorables o críticos de la trocha carrozable con presencia de suelos cohesivos, la misma que será en una longitud de 3000 metros lineales (3+000 Km)  3 calicatas  12 muestras o especímenes  36 ensayos de laboratorio
PE3: ¿Cómo influye el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023?	OE5: identificar en qué medida el uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.	HE5: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.		Valor de la Relación de Soporte	CBR Número Golpes 12, 26 y 56  Grado de Compactación 95%, 100%  % Porcentaje		Muestreo: No probabilístico  Técnica: Observación  Instrumentos: Recopilación de datos instrumentos, equipos y ficha técnica de laboratorio  Manual de ensayos de materiales del MTC.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1. Literatura, justificación teórica**

ANÁLISIS	CITA	CUARTIL	DOSIFICACIÓN Y PORCENTAJES (%)
La utilización de subproductos industriales como estabilizadores está ganando atención desde la perspectiva de la sostenibilidad. En esta línea, la arena granítica (GS) y el lignosulfonato cálcico (CLS) se utilizan como alternativas a los estabilizadores tradicionales para suelos cohesivos (arcillas). Se realizaron una serie de pruebas variando las dosis de arena granítica (GS) 30%, 40% y 50% y lignosulfonato de calcio (CLS) 0,5%, 1%, 1,5% y 2%) para diferentes períodos de curado 0, 7 y 28 días.	Amulya et al. (2023)	Q2, SJR 2022 0.56	La mezcla óptima; es decir, 70% de arcilla mezclada con 30% de arena granítica (GS) y 0,5% de lignosulfonato de calcio (CLS) se considera una dosis adecuada para el material de subrasante.
La combinación del lignosulfonato (LS) junto con cal (LM) se obtiene un aditivo cementante (LSCA), los resultados mostraron que el LSCA y la cal (LM) mejoraron significativamente la consistencia del suelo, las características de resistencia de la subrasante.	Ijaz et al. (2023)	Q2, SJR 2022 1.22	Además, los análisis de espesor del pavimento mostraron que la subrasante tratada con LSCA omite la provisión de colchón de arena y capa de subbase que promueve la conservación del material del camino.
Existen desafíos de estabilización por lo que se estudia sobre los efectos de varios tipos de estabilizadores en las propiedades geotécnicas y de ingeniería de los suelos estabilizados. Estos agentes estabilizantes incluyen materiales alternativos a los agentes convencionales y aditivos con base de calcio y ecológicos. Como se conoce la estabilización de suelos cohesivos se ha practicado durante algún tiempo mezclando aditivos, como cemento, cal y cenizas volantes, en el suelo para aumentar su resistencia mecánica.	Driss et al. (2023)	Q2, SJR 2022 0.54	A los suelos estudiados se les añadió puzolana natural y cal en rangos de 0 a 6 y 20%. Las muestras tratadas se curaron durante 1, 7 y 28 días. Los resultados indicaron que las propiedades estudiadas del suelo arcilloso pueden mejorarse considerablemente cuando se trata con cal.

<p>Este artículo evalúa la importancia de estabilizar suelos arcillosos con lignosulfonato de calcio (CLS) y arena granítica (GS). Se toman como indicadores de rendimiento y el efecto de diferentes dosis de arena granítica (GS) 30%, 40% y 50% y lignosulfonato de calcio (CLS) 0,5%, 1%, 1,5% y 2% en diferentes curados.</p>	<p>Amulya et al. (2022)</p>	<p>Q1, SJR 2022 0.61</p>	<p>Se establece un rango para la arena granítica (GS) entre el 30%, 40% y 50% y para el lignosulfonato de calcio (CLS) se establece un rango entre 0,5%, 1%, 1,5% y 2%.</p>
<p>Se estudió la eficiencia del lignosulfonato de calcio (CLS) como estabilizador expansivo de suelos. La arcilla se estabilizó usando 3,0 y 5,0% en masa de CLS. Se midió la eficacia del CLS como agente estabilizante estudiando su influencia sobre las propiedades físicas de la arcilla.</p>	<p>Fernandez et al. (2021)</p>	<p>Q1, SJR 2022 1.23</p>	<p>Eficiencia del lignosulfonato de calcio (CLS) como agente estabilizante de suelos.</p>
<p>La muy mala calidad de los suelos provoca importantes deterioros del pavimento, como grietas, surcos, hundimientos por corte en los bordes. Esta investigación evalúa el efecto del cemento y las cenizas volantes sobre el comportamiento geotécnico de dos mezclas de arenas finas desérticas y manufacturadas (30:70% y 50:50%). La mezcla compuesta por 26% de CFA, 62% de NDS, 5% de OPC y 7% de FA muestra resultados óptimos en términos de características de resistencia, compactación y capacidad de carga.</p>	<p>Amhadi et al. (2021)</p>	<p>Q2, SJR 2022 0.53</p>	<p>Estas mezclas de suelo se estabilizaron con porcentajes variables de cenizas volantes (es decir, 3, 5 y 7%) con un contenido de cemento constante del 5%. Las muestras fueron investigadas para determinar su influencia en las propiedades de ingeniería.</p>
<p>Para explorar la efectividad del uso de materiales no convencionales en aplicaciones geotécnicas, se intenta la aplicación de lignosulfonato de calcio, con métodos de estabilización de suelos en lugar de aditivos convencionales como cal, cemento y ceniza. Estos materiales pueden dañar el medio ambiente y también aumentar la huella de carbono debido a las emisiones durante su producción.</p>	<p>Sharmila et al. (2021)</p>	<p>Q1, SJR 2022 1.02</p>	<p>La estabilización de un suelo potencialmente expansivo mediante el uso de lignosulfonato (LS) en proporciones que van del 0,5% al 3% y al 6%. se evalúan en períodos de curado que varían de 0 a 28 días.</p>

Se llevaron a cabo varias pruebas para investigar las propiedades macroscópicas y el mecanismo de estabilización del suelo expansivo modificado con lignosulfonato de calcio.	Wu et al. (2020)	Q3, SJR 2022 0.31	En comparación con el suelo natural, el suelo modificado con lignosulfonato de calcio al 4% mostró un aumento del 56,5% en la resistencia a la compresión libre a los 28 días
Se pueden utilizar agregados de hormigón triturados reciclados demolidos de edificios antiguos y bloques de hormigón de desecho para reemplazar los agregados naturales. Uso de hormigón triturado reciclado para mejorar las propiedades químicas y geotécnicas de suelos blandos	Karkush et al. (2019)	Q1, SJR 2022 0.85	Las muestras de suelo blando se mezclaron con 5%, 10% y 15% de hormigón triturado
Este estudio implicó la evaluación de laboratorio de la efectividad de la mezcla de lignosulfonato (LS) para mejorar las características de un suelo cohesivo remodelado. realizó un estudio comparativo sobre suelos expansivos tratados con lignosulfonato de calcio (CLS) y cemento.	Alazigha et al. (2019)	Q2, SJR 2022 0.44	Observaron que no había diferencias significativas en la resistencia a la compresión libre del suelo con 2% de lignosulfonato de calcio (CLS) y 2% de cemento. Sin embargo, la adición de lignosulfonato de calcio (CLS) incrementó el comportamiento dúctil y disminuyó el pH del suelo, a diferencia de su efecto sobre el cemento.
El lignosulfonato de calcio (CLS) de bajo costo, que es un subproducto de la industria de la pulpa de madera, se investigó como un aglutinante potencial.	Strydom et al. (2018)	Q3, SJR 2022 0.24	Se prepararon mezclas de aglutinante de carbón que contenían entre 1 y 15% de lignosulfonato de calcio.
<b>Fuente:</b> <i>Elaboración Propia</i>			

**Tabla 3. Literatura, sostenibilidad de la tesis.**

CITA	REFERENCIA	CUARTIL	VACIO TEORICO (Brecha de conocimiento a cerrar)	PROCESO VERDE ASOCIADO A LA CONSTRUCCIÓN (Producción)	SOSTENIBILIDAD (Será permanente y su impacto en el medio ambiente)
Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil	(Amulya, Baig, Munyar, & Almahed, 2022)	Q1	Se propone cerrar la brecha de conocimiento para compuestos estabilizadores de suelos arcillosos. Es decir, se evalúa la importancia de estabilizar suelos arcillosos con nuevos insumos alternativos como lignosulfonato de calcio (CLS) y arena de granito (GS). ADEMÁS se desarrolla pruebas de Resistencia a la compresión ilimitada y de conductividad hidráulica (Amulya, Baig, Munyar, & Almahed, 2022) .	La Arena de Granítica es una arena altamente compactable adecuada para crear superficies compactadas respetuosas con el medio ambiente (Varsha, Moghal, Rehman, & Chittori, 2023) .	Se desarrolla la sostenibilidad ambiental, que se utilizará la arena granítica, para ello se establece que la Arena de Granítica es un insumo respetuoso con el medio ambiente, el cual tiene sostenibilidad ambiental.
Shear, Consolidation Characteristics and Carbon Footprint Analysis of Clayey Soil Blended with Calcium Lignosulphonate and Granite Sand for Earthen Dam Application	(Varsha, Moghal, Rehman, & Chittori)	Q1	Se propone cerrar la brecha de conocimiento para compuestos estabilizadores de suelos arcillosos. Es decir, se evalúa la importancia de estabilizar suelos arcillosos con nuevos insumos alternativos como lignosulfonato de calcio (CLS) y arena de granito (GS). ADEMÁS se desarrolla pruebas de Resistencia a la compresión ilimitada y de conductividad hidráulica (Amulya, Baig, Munyar, & Almahed, 2022) .	La arena granítica es una capa decorativa de granito triturado adecuada para caminos y accesos, siendo compactable y una alternativa adecuada al hormigonado, pavimento o césped. Es así que a menudo lo verá utilizado en proyectos gubernamentales como material elegido para senderos para caminar a través de parques, jardines y reservas (Varsha, Moghal, Rehman, & Chittori, 2023)	La sostenibilidad ambiental que permite preservar la explotación de agregados vírgenes y reduce la huella de carbono que generan los procesos. La sostenibilidad ambiental es la que se centra en la preservación de la biodiversidad sin renunciar al progreso económico y social. (Varsha, Moghal, Rehman, & Chittori, 2023)
Organosilane and lignosulfonate as innovative stabilization techniques for crushed rocks used in road unbound layers	(Barbieri, Hoff, & Engeness, 2020)	Q1	Se propone cerrar la brecha de conocimiento para compuestos estabilizadores de suelos arcillosos. Es decir, se evalúa la importancia de estabilizar suelos arcillosos con nuevos insumos alternativos como lignosulfonato de calcio (CLS) y arena de granito (GS). ADEMÁS se desarrolla pruebas de Resistencia a la compresión ilimitada y de conductividad hidráulica (Amulya, Baig, Munyar, & Almahed, 2022) .	Por otro lado, el lignosulfonato es uno de los polímeros sintéticos que se usa en muchas aplicaciones industriales  El lignosulfonato se compone principalmente de iones positivos y estos reaccionan con los iones negativos presentes en los minerales arcillosos para formar agregados estables al reducir el espesor de la doble capa de las partículas de arcilla. El lignosulfonato ha mostrado una perspectiva prometedora como agente estabilizante, especialmente para suelos blandos.	Los lignosulfonatos son renovables, inherentemente biodegradables y no tóxicos, lo que lo. También tienen una huella de carbono menor que los productos químicos de origen fósil, ya que se derivan de una fuente natural y requieren menos energía para producirse. convierte en una alternativa sostenible en la reducción de las emisiones de carbono (Barbieri, Hoff, & Engeness, 2020)

Evaluation of the impact of fiber reinforcement on the durability of lignosulfonate stabilized clayey sand under wet-dry condition

(Roshan, Choobbasti, & Kutanaei, 2020)

Q1

La investigación se desarrolló a efectos de analizar la adición de fibras de polipropileno sobre las características de durabilidad de la arena arcillosa estabilizada con lignosulfonato.

La adición de un 2% de lignosulfonato dio como resultado la durabilidad del suelo durante dos ciclos húmedo-seco. Esto es debido al alto hinchamiento de la porción de grano fino, la muestra no estabilizada no pudo resistir los ciclos húmedo-seco. Es así que la adición de lignosulfonato redujo el hinchamiento debido a la formación de la estructura floculada y la formación de masa estable.

Es una buena práctica cambiar las propiedades del suelo cuando se trata de suelos inadecuados en ingeniería geotécnica, lo que se conoce como mejora del suelo. En este estudio, se investigó el efecto del lignosulfonato (relación en peso del 2% del suelo como porcentaje óptimo), estabilizador y fibras de polipropileno (relación en peso del 0,4 y 0,8% del suelo estabilizado) como refuerzo sobre la durabilidad del suelo de arena arcillosa, creando un refuerzo tridimensional en la mezcla de suelo, que crea una presión de confinamiento y aprieta las partículas de suelo, evitando la formación de microfisuras en las muestras

Se elimina o reduce el uso de estabilizadores químicos y se promueve el de alternativos como el lignosulfonato.

Sin embargo, el uso de estabilizadores químicos tradicionales podría generar problemas ambientales en los suelos. Estos aditivos también disminuyen la capacidad de retención de agua del suelo y transfieren los nutrientes al cambiar el pH del suelo, limitando así la vegetación y reduciendo la calidad del agua subterránea.

Por otro lado, los suelos estabilizados con aditivos tradicionales (cemento) presentan un comportamiento frágil, especialmente bajo. Para superar estos problemas, es necesario utilizar un estabilizador alternativo capaz de mejorar la resistencia y durabilidad del suelo sin dañar el medio ambiente.

**Tabla 9.** Requisitos de los materiales, según rango de tamaño de partícula.

CONDICION	PARTES DEL TERRAPLEN					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-				
37,5 mm (1 ½")	100	-				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9,5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

**Fuente:** Extraído del Manual de Carreteras: *ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION – MTC, (2013) y AASHTO M-147*

**Tabla 10.** Requisitos de los materiales, por su composición de capas

CONDICION	PARTES DEL TERRAPLEN		
	BASE	CUERPO	CORONA
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca > 7,62 cm	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

**Fuente:** Extraído del Manual de Carreteras: *ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION – MTC, (2013).*

**Tabla 11.** Características geotécnicas de un suelo natural cohesivo

<b>GRUPOS</b>	<b>GRUPO 1</b>			<b>GRUPO 2</b>
Calicatas	C1	C2	C4	C3
SUCS	ML	ML	ML	CL
AASHTO	A-7-6 (11)	A-7-6-8 (13)	A-6 (10)	A-7-5 (13)
Limite Líquido	41,4	46,2	37,9	48,8
Limite Plástico	25,9	27,3	23,5	30,7
Índice de Plasticidad	15,5	18,9	7,8	18,1
Contenido de Humedad	32,3%	24,9%	29,2%	35,4%
Peso Específico	2,439	2,414	2,51	2,414

**Fuente:** Lindh, P. y Lemenkova, P. (2023). Experimentos de laboratorio sobre estabilización de suelos para mejorar los parámetros de resistencia del pavimento de carreteras. *Revista de Transportes y Telecomunicaciones*, 24 (1), 73-82.



**Tabla 12.** Variables de estudio en propuesta de hipótesis

HIPOTESIS		DESCRIPCION DE VARIABLES	
Hipótesis General		Variable Independiente	Variable Dependiente
<p>H.G: El uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye favorablemente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.</p>		<p>V1 Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS)</p>	<p>V2 Propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos</p>
Hipótesis específicas			
<p>H.E1: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el óptimo contenido de humedad (<math>W_o</math>) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.</p>		<p>Uso de arena granítica (GS), dosificación en peso del suelo 20% y lignosulfonato de calcio (CLS), dosificación en peso del suelo 2% 4% 6%</p>	<p>D1 x V2 Óptimo contenido de humedad (<math>W_o</math>)</p>
<p>H.E2: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en la densidad máxima (<math>\gamma_{dmax}</math>) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.</p>			<p>D2 x V2 Densidad máxima (<math>\gamma_{dmax}</math>)</p>
<p>H.E3: Uso de arena granítica (GS) y lignosulfonato de calcio (CLS), influye en el valor de la relación de soporte (CBR) de suelos cohesivos en la ruta LO-545, Loreto, 2023.</p>			<p>D3 x V2 Valor de la relación de soporte (CBR)</p>
<p><b>Fuente:</b> <i>Elaboración propia</i></p>			

**Tabla 14.** *Numero de calicatas y/o pozos de prueba para exploración de suelos*

<b>TIPO DE CARRTERA</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>NUMERO MINIMO DE CALICATAS</b>	<b>OBSERVACION</b>
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carretera de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	4 calicatas x km	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	3 calicatas x km	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	2 calicatas x km	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicatas x km	Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada
<b>Fuente:</b> <i>Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la R.D.037 2008-MTC/14 y el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES del MTC</i>			

**Tabla 16. 4.2 Numero de ensayos MR y CBR**

TIPO DE CARRTERA	NUMERO MINIMO DE CALICATAS
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada 2 carriles por sentido: 1 M <sub>R</sub> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M <sub>R</sub> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M <sub>R</sub> cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carretera de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada 2 carriles por sentido: 1 M <sub>R</sub> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M <sub>R</sub> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M <sub>R</sub> cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1 M <sub>R</sub> cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	Cada 1.5 km se realizará 1 CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles	Cada 2 km se realizará 1 CBR (*)
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará 1 CBR (*)
<b>Fuente:</b> <i>Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la R.D.037 2008-MTC/14 y el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES del MTC</i>	
<i>(*) La necesidad de efectuar los ensayos de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.</i>	

**Tabla 17.** Tipo de muestras

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque <b>(Mib)</b>	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de muestra de suelos.	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo
Muestra alterada en bolsa de plástico <b>(Mab)</b>	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de muestra de suelos.	Con bolsa de Plástico y costal	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada <b>(Mah)</b>	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de muestra de suelos.	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido del agua.
<b>Fuente:</b> MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016 del MTC				

**Tabla 18.** Aplicación y limitación de los ensayos

<b>NOMBRE DEL ENSAYO</b>	<b>USO</b>	<b>MÉTODO AASHTO</b>	<b>ENSAYO ASTM</b>	<b>CANTIDAD DE MUESTRA</b>	<b>PROPÓSITO DEL ENSAYO</b>
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	T88	D 422	0.50 a 2.50 Kg.	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Contenido de Humedad	Clasificación	-	D 2216	0.50 a 2.50 Kg.	Determinar la cantidad de agua retenida en el suelo
Limite Liquido	Clasificación	T89	D 4318	0.50 a 2.50 Kg.	Encontrar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Limite Plástico	Clasificación	T90	D 4318	0.50 a 2.50 Kg.	Encontrar el contenido de agua entre los estados plástico y semi sólido

**Fuente:** MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, 2016 del MTC

**Tabla 21. Ensayos de laboratorio**

<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	
<b>ENSAYOS ESTANDAR</b>	<b>NORMA APLICABLE</b>
Granulometría	NTP 339.128, ASTM D 6913, MTC E 107
Contenido de Humedad	NTP 339.127, ASTM D 2216, MTC E 108
Limite Liquido	NTP 339.129, ASTM D 4318, MTC E 110
Limite Pastico	NTP 339.129, ASTM D 4318, MTC E 111
Índice de Consistencia	NTP 339.129, ASTM D 427, MTC E 112
Clasificación Unificada de los Suelos	NTP 339.134, ASTM D 2487, SUCS
<b>ENSAYOS ESPECIALES</b>	<b>NORMA APLICABLE</b>
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	NTP 339.141, ASTM D 1557, MTC E 115
Valor de la Relación de Soporte CBR	NTP 339.145, ASTM D 1883, MTC E 132

**Fuente:** *Elaboracion propia*

**Anexo.** Determinación de Prueba Estadística para la Contrastación de Hipótesis Específicas.

**Hipótesis Específica 1:** Respecto a la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos.

**Tabla 29.** Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar.

Descriptivos					
Dosificación de Muestra			Estadístico	Desv. Error	
Max. Densidad Seca (gr/cm3)	80% SC + 20% GS + CLS	Media	1,6980	,00096	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,6958	
			Límite superior	1,7002	
		Media recortada al 5%	1,6981		
		Mediana	1,6990		
		Varianza	,000		
		Desv. Desviación	,00287		
		Mínimo	1,69		
		Máximo	1,70		
		Rango	,01		
		Rango intercuartil	,00		
		Asimetría	-,855	,717	
		Curtosis	-,392	1,400	
		Patrón	Media	1,5867	,00088
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	1,5829	
			Límite superior	1,5905	
	Media recortada al 5%				
	Mediana		1,5870		
	Varianza		,000		
	Desv. Desviación		,00153		
	Mínimo		1,59		
	Máximo		1,59		
Rango	,00				
Rango intercuartil					
Asimetría	-,935	1,225			
Curtosis					

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 30.** Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose las pruebas de normalidad.

Pruebas de Normalidad							
Dosificación de Muestra		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Max. Densidad Seca (gr/cm3)	80% SC + 20% GS + CLS	,192	9	,200 <sup>*</sup>	,891	9	,205
	Patrón	,253	3	.	,964	3	,637

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 31.** Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo.

Resumen del modelo <sup>b</sup>											
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson	
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F		
1	,786 <sup>a</sup>	,618	,580	,03269	,618	16,161	1	10	,002	,787	

a. Predictores: (Constante), % Lignosulfato de calcio  
b. Variable dependiente: Maxima Densidad Seca (gr/cm3)  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 32.** Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes.

Coeficientes <sup>a</sup>								
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	1,619	,016		102,539	,000	1,584	1,654
	80% SC + 20% GS + CLS	1,697	,422	,786	4,020	,002	,756	2,637

a. Variable dependiente: Maxima Densidad Seca (gr/cm3)  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 33.** Se analiza la Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,017	1	,017	16,161	,002 <sup>b</sup>
	Residuo	,011	10	,001		
	Total	,028	11			

a. Variable dependiente: Máxima Densidad Seca (gr/cm3)

b. Predictores: (Constante), usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiconamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%

**Fuente:** Software SPSS Statistics



**Hipótesis Específica 2:** Respecto a la Humedad Optima ( $W_0$ ) de suelos cohesivos.

**Tabla 34.** Se analiza la Humedad Optima ( $W_0$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar.

Descriptivos					
Dosificación de Muestra			Estadístico	Desv. Error	
Humedad Optima (%)	80% SC + 20% GS + CLS	Media		13,2500	,02205
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,1992	
			Límite superior	13,3008	
		Media recortada al 5%		13,2444	
		Mediana		13,2500	
		Varianza		,004	
		Desv. Desviación		,06614	
		Mínimo		13,20	
		Máximo		13,40	
		Rango		,20	
		Rango intercuartil		,08	
		Asimetría		1,666	,717
		Curtosis		2,950	1,400
		Patrón	Media		15,0167
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	14,8269	
			Límite superior	15,2064	
	Media recortada al 5%				
	Mediana			15,0000	
	Varianza			,006	
	Desv. Desviación			,07638	
	Mínimo			14,95	
	Máximo			15,10	
	Rango			,15	
	Rango intercuartil				
Asimetría		,935	1,225		
Curtosis					

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 35.** Se analiza la Humedad Optima ( $W_0$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose las pruebas de normalidad.

Pruebas de Normalidad							
Dosificación de Muestra		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Humedad Optima (%)	80% SC + 20% GS + CLS	,278	9	,044	,776	9	,061
	Patrón	,253	3		,964	3	,637

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 36.** Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo.

Resumen del modelo <sup>b</sup>										
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F	
1	,801 <sup>a</sup>	,642	,606	,50316	,642	17,923	1	10	,002	,694

a. Predictores: (Constante), 80% Suelo Cohesivo, 20% arena granítica y lignosulfonato de calcio  
b. Variable dependiente: Humedad Optima (%)  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 37.** Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes.

Coeficientes <sup>a</sup>							
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B	
	B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	14,517	,243	59,728	,000	13,975	15,058
	80% SC + 20% GS + CLS	-27,500	6,496	-,801	-,4,234	,002	-41,973

a. Variable dependiente: Humedad Optima (%)  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 38.** Se analiza la Humedad Optima ( $W_o$ ) de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	4,538	1	4,538	17,923	,002 <sup>b</sup>
	Residuo	2,532	10	,253		
	Total	7,069	11			

a. Variable dependiente: Humedad Optima (%)

b. Predictores: (Constante), usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adición de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%

**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Hipótesis Específica 3:**

**Respecto al CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos**

Donde: MDS = Máxima Densidad Seca

**Tabla 39.** Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar.

Descriptivos					
Dosificación de Muestra			Estadístico	Dev. Error	
CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca	80% SC + 20% GS + CLS	Media		20,2544	,35511
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	19,4356	
			Límite superior	21,0733	
		Media recortada al 5%		20,1977	
		Mediana		20,1300	
		Varianza		1,135	
		Dev. Desviación		1,06532	
		Mínimo		19,13	
		Máximo		22,40	
		Rango		3,27	
		Rango intercuartil		1,63	
		Asimetría		,888	,717
		Curtosis		,710	1,400
		Patrón	Media		9,5567
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	7,9163	
			Límite superior	11,1970	
	Media recortada al 5%				
	Mediana		9,4600		
	Varianza		,436		
	Dev. Desviación		,66033		
	Mínimo		8,95		
	Máximo		10,26		
	Rango		1,31		
	Rango intercuartil				
Asimetría		,645	1,225		
Curtosis					

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 40.** Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística descriptiva mostrándose las pruebas de normalidad.

Pruebas de Normalidad							
Dosificación de Muestra		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 100 % Max. Densidad Seca (gr/cm3)	80% SC + 20% GS + CLS	,156	9	,200 <sup>*</sup>	,906	9	,290
	Patrón	,225	3	.	,984	3	,757

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 41.** Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo.

Resumen del modelo <sup>b</sup>										
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F	
1	,794 <sup>a</sup>	,631	,594	3,14177	,631	17,095	1	10	,002	,958

a. Predictores: (Constante), % Lignosulfato  
b. Variable dependiente: CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 42.** Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes.

Coeficientes <sup>a</sup>								
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		
	B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior	
1	(Constante)	12,549	1,518		8,269	,000	9,168	15,930
	80% SC + 20% GS + CLS	167,700	40,560	,794	4,135	,002	77,327	258,073

a. Variable dependiente: CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 43.** Se analiza el CBR al 100% de la MDS de suelos cohesivos en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia.

ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	168,740	1	168,740	17,095	,002 <sup>b</sup>
	Residuo	98,707	10	9,871		
	Total	267,447	11			

a. Variable dependiente: CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca  
b. Predictores: (Constante), Dosificación usar el 80% de Suelo Cohesivo y 20% de Arena Granítica con la incorporación de 2%, 4% y 6%  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

## Respecto al CBR al 95% de la MDS de suelos cohesivos

Donde: MDS = Máxima Densidad Seca

**Tabla 44.** Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística descriptiva mostrándose la desviación estándar.

Descriptivos					
Dosificación de Muestra			Estadístico	Desv. Error	
CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca	80% SC + 20% GS + CLS	Media	11,0533	,11425	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,7899	
			Límite superior	11,3168	
		Media recortada al 5%	11,0220		
		Mediana	10,9300		
		Varianza	,117		
		Desv. Desviación	,34275		
		Mínimo	10,78		
		Máximo	11,89		
		Rango	1,11		
		Rango intercuartil	,32		
		Asimetría	2,151	,717	
		Curtosis	5,188	1,400	
		Patrón	Media	4,9000	,11015
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	4,4261	
			Límite superior	5,3739	
	Media recortada al 5%				
	Mediana		4,8800		
	Varianza		,036		
	Desv. Desviación		,19079		
	Mínimo		4,72		
	Máximo		5,10		
Rango	,38				
Rango intercuartil					
Asimetría	,467	1,225			
Curtosis					

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 45.** Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística mostrándose las pruebas de normalidad.

Pruebas de Normalidad							
Dosificación de Muestra		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 95% Max. Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	80% SC + 20% GS + CLS	,274	9	,050	,745	9	,055
	Patrón	,208	3	.	,992	3	,826

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Software SPSS Statistics

**Tabla 46.** Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de mostrándose la aplicación del modelo matemático – resumen del modelo.

Resumen del modelo <sup>b</sup>											
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson	
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F		
1	,766 <sup>a</sup>	,587	,546	1,88596	,587	14,236	1	10	,004	,780	

a. Predictores: (Constante), % Lignosulfato  
b. Variable dependiente: CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 47.** Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística mostrándose la aplicación del modelo matemático – coeficientes.

Coeficientes <sup>a</sup>								
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		
	B	Desv. Error	Beta			Límite inferior	Límite superior	
1	(Constante)	6,759	,911	7,419	,000	4,729	8,789	
	80% SC + 20% GS + CLS	91,867	24,348	,766	3,773	,004	37,617	146,117

a. Variable dependiente: CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

**Tabla 48.** Se analiza el CBR al 95% de la MDS en base a datos de estadística mostrándose la prueba de varianza (ANOVA) – nivel de significancia.


ANOVA <sup>a</sup>						
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	50,637	1	50,637	14,236	,004 <sup>b</sup>
	Residuo	35,569	10	3,557		
	Total	86,206	11			

a. Variable dependiente: CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca  
b. Predictores: (Constante), usar el 80% de Suelo Cohesivo con dosificaciones y/o adiciónamiento de arena granítica (GS) en porcentajes de 20% y lignosulfonato de calcio (CLS) en porcentajes de 2%, 4% y 6%  
**Fuente:** Software SPSS Statistics

## Anexo. Certificación CONCYTEC: Conducta Responsable en Investigación



Bienvenido (a): CARLOS IGOR TRIGOSO CAVERO

Menú del usuario 

Datos Generales	Experiencia Laboral	Formación Académica	Idiomas	Líneas de Investigación	Proyectos (I+D+i)	Producción Tecnológica y/o Industrial	Producción Científica	Distinciones y premios
-----------------	---------------------	---------------------	---------	-------------------------	-------------------	---------------------------------------	-----------------------	------------------------

### NOVEDADES

- El Curso de Conducta Responsable en Investigación *CR/ no* es requisito para la calificación RENACYT. El URL es <https://vinculate.concytec.gob.pe/conducta-responsable-en-investigacion>.

### PERFIL

CARLOS IGOR TRIGOSO CAVERO



Calificación, Clasificación y Registro de Investigadores

[Solicitar Incorporación](#)

 **Conducta Responsable en Investigación**

Fecha: 14/10/2023



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TITULO DE LA TESIS

Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos Ruta LO-545, Loreto, 2023.

TESIS PARA OBTENER EL  
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Trigoso Caveró, Carlos Igor ([orcid.org/0009-0007-0145-9613](https://orcid.org/0009-0007-0145-9613))

ASESOR:

Mg. Canta Honores Jorge Luis ([orcid.org/0000-0002-9232-1359](https://orcid.org/0000-0002-9232-1359))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación Tecnológica y Desarrollo Sostenible

MOYOBAMBA – PERÚ

2023



**Anexo.** *Validación de instrumentos*

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO  
EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

# **VALIDACION DE INSTRUMENTOS**

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO  
EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

**CARTA DE PRESENTACION**

JHIN SAAVEDRA RENGIFO Ingeniero Civil Reg. CIP N° 118505

Presente.

**ASUNTO:** Evaluación de Instrumento

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente en calidad de alumno de la Universidad Cesar Vallejo – Filial Tarapoto, aprovecho para solicitarle la **VALIDACIÓN DE LAS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**; con las que voy a recolectar información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación y con el postulo a optar el título profesional de ingeniero Civil.

El proyecto de investigación lleva por título: **"Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos en Ruta LO 545, Loreto, 2023"**. Siendo indispensable contar con la validación solicitada por profesionales idóneos y especializados en materia de mi proyecto de investigación para su aplicación de dicho instrumento. Considero conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o relacionada a temas de investigación.

El expediente de Validación que le hago presente contiene lo siguiente:

- Carta de Presentación
- Definición Conceptual de las Variables y Dimensiones
- Matriz de Operacionalización de Variables
- Certificados de Validez de Contenido de Instrumentos

Sin otro particular, expresándole mi especial consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención prestada a la presente.

**ATENTAMENTE:**



Bach. CARLOS IGOR TRIGOSO CAVERO

D.N.I. N° 46737685

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO  
EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

**CARTA DE PRESENTACION**

DERY MAX SINTI DEL AGUILA, Ingeniero Civil Reg. CIP N° 96005

Presente.

**ASUNTO:** Evaluación de Instrumento

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente en calidad de alumno de la Universidad Cesar Vallejo – Filial Tarapoto, aprovecho para solicitarle la **VALIDACIÓN DE LAS TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**; con las que voy a recolectar información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación y con el postulo a optar el título profesional de ingeniero Civil.

El proyecto de investigación lleva por título: **Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos en Ruta LO 545, Loreto, 2023**°. Siendo indispensable contar con la validación solicitada por profesionales idóneos y especializados en materia de mi proyecto de investigación para su aplicación de dicho instrumento. Considero conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o relacionada a temas de investigación.

El expediente de Validación que le hago presente contiene lo siguiente:

- Carta de Presentación
- Definición Conceptual de las Variables y Dimensiones
- Matriz de Operacionalización de Variables
- Certificados de Validez de Contenido de Instrumentos

Sin otro particular, expresándole mi especial consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención prestada a la presente.

**ATENTAMENTE:**

-----  
**Bach. CARLOS IGOR TRIGOSO CAVERO**

D.N.I. N° 46737685

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

**1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES**

**1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

**1.1.1. V1: USO DE ARENA GRANITICA (GS) Y**

**LIGNOSULFONATO DE CALCIO (CLS)**

Respecto a los suelos cohesivos están ampliamente distribuidos, estos suelos pobres y/o débiles provoca daños en las estructuras e infraestructuras; reemplazarlos con materiales de alto rendimiento requiere movimiento de tierras en magnitudes grandes Amulya et al. (2022), en su artículo de investigación *Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil* la arena granítica (GS) es un subproducto obtenido de la etapa de trituración primaria de los áridos y/o agregados, material no plástico que se encuentra en canteras; clasificándose como arena mal graduada según la Norma ASTM D 2487; cuyas características y composición química de la arena granítica (GS) se describen, siendo esta de color gris, textura granular, irregular y angular como se ve en la micrografía electrónica de barrido (Figura 1).

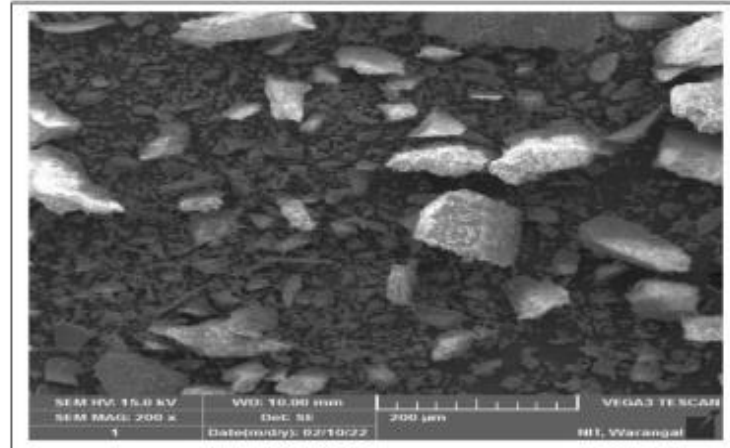
**Tabla 1.** Características básicas y composición química de la arena granítica (GS)

CARACTERISTICAS	VALOR	COMPOSICION QUIMICA	VALOR (%)
Color	Gris	Sílice (SiO <sub>2</sub> )	53.06
Gravedad específica	2.72	Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6.16
Fracción de arena (%)	90	Oxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9.06
Arena gruesa	19	Oxido de calcio (CaO)	1.64
Arena media (%)	32	Oxido de Magnesio (MgO)	5.86
Arena fina (%)	39	Oxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.32
Tamaño medio de partícula (μ)	600	Oxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	1.37
Zona	3		
Clasificación SUCS	SP		
Densidad Seca Máxima (Kg/cm <sup>3</sup> )	2100		
Contenido óptimo de humedad (%)	8.3		
Ph	7.36		

**Fuente:** Extraído del artículo *Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil*, Amulya et al. (2022).

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

**Figura 1.** Imagen SEM de la arena granítica (GS)



**Nota:** Se observa la microestructura de la arena granítica (GS). Tomado del artículo *Coupled Effect of Granite Sand and Calcium Lignosulphonate on the Strength Behavior of Cohesive Soil*, por Trigoso C. I., 2023.

Según Amulya et al. (2023) en su artículo de investigación "Sustainable Binary Blending for Low-Volume Roads—Reliability-Based Design Approach and Carbon Footprint Analysis" el lignosulfonato de calcio (CLS) es un polímero de base biológica. Es un polvo amorfo de color amarillo-marrón de naturaleza hidrófila y contiene un anillo de benceno. Comprende carbono, oxígeno, azufre, calcio, sodio y potasio. Generalmente, los lignosulfonatos son solubles en  $H_2O$ , aunque no se disuelven en disolventes orgánicos y el pH es 4,3 lo que representa un aditivo ácido. La masa molar de CLS es 528,6 g/mol. Este material se emplea para diferentes fines, uno de los más relevantes es su uso como estabilizador de suelos, el cual además de mejorar las propiedades del suelo, también elimina los costos económicos y ambientales. Es decir; Posee propiedades adhesivas, dispersantes y modificadoras de la tensión superficial de los líquidos, lo que ayuda como refuerzo para el mejoramiento y estabilización de suelos cohesivos. El lignosulfonato de calcio (CLS) es un material no tóxico, no corrosivo y no alcalino y no produce compuestos nocivos después de reacciones químicas. Las propiedades fisicoquímicas del lignosulfonato de calcio (CLS) utilizado en el estudio (Tabla 2).

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

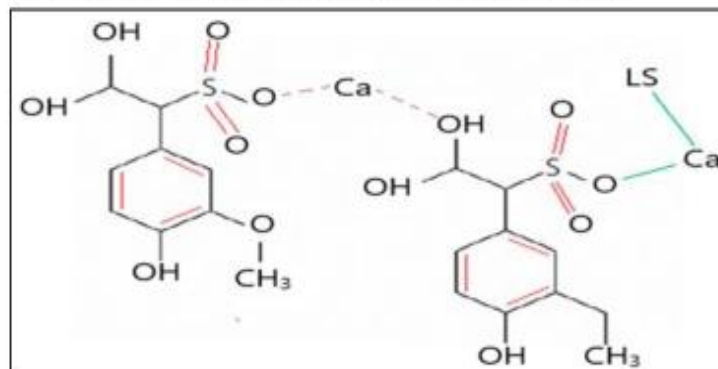
Según Sharmila et al. (2021) en su Artículo de Investigación "Application of lignosulphonate-a sustainable approach towards strength improvement and swell management of expansive soils" la dependencia material a largo plazo de los recursos naturales ha causado un alto precio al medio ambiente y a la biodiversidad de los sistemas naturales. Para explorar la efectividad del uso de materiales no convencionales en aplicaciones geotécnicas, se intenta la aplicación de lignosulfonato de calcio, un subproducto de la industria papelera, en técnicas de estabilización de suelos en lugar de aditivos convencionales como cal, cemento y moscas. ceniza. Estos materiales pueden dañar el medio ambiente y también aumentar la huella de carbono debido a las emisiones durante su producción. El presente estudio se centra en la estabilización de un suelo potencialmente expansivo mediante el uso de lignosulfonato (LS) en proporciones que van del 0,5% al 3% y al 6%.

**Tabla 2.** Propiedades del lignosulfonato de calcio (CLS)

PROPIEDAD	VALOR
Color	Amarillo marron
Masa molar	528,61 g/mol
pH	4.3
Solubilidad	Soluble en agua

**Fuente:** Extraído del artículo *Sustainable Binary Blending for Low-Volume Roads—Reliability-Based Design Approach and Carbon Footprint Analysis* Amulya et al. (2022)

**Figura 2.** Estructura química del lignosulfonato de calcio (CLS)



**Nota:** Se observa la química orgánica del insumo a utilizar. Tomado del artículo "Sustainable Binary Blending for Low-Volume Roads—Reliability-Based Design Approach and Carbon Footprint Analysis", por Trigos C. I., 2022.

## INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023

### 1.2. VARIABLE DEPENDIENTE

#### 1.2.1. V2: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS

- **Dimensión D1: Óptimo contenido de humedad ( $W_o$ )**

Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo peso unitario seco usando el esfuerzo de Compactación Modificada.

- **Dimensión D2: Densidad máxima ( $\gamma_{dmax}$ )**

Corresponde a la mayor densidad que puede alcanzar un suelo cuando se la compacta en estado seco con una energía por volumen.

Según la Norma ASTM D 1557, (2021) hace referencia al ensayo de Proctor Modificado, la misma que abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de 2700 kN-m/m<sup>3</sup> o 56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>. El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad ( $W_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dmax}$ ) mediante un ensayo de compactación.

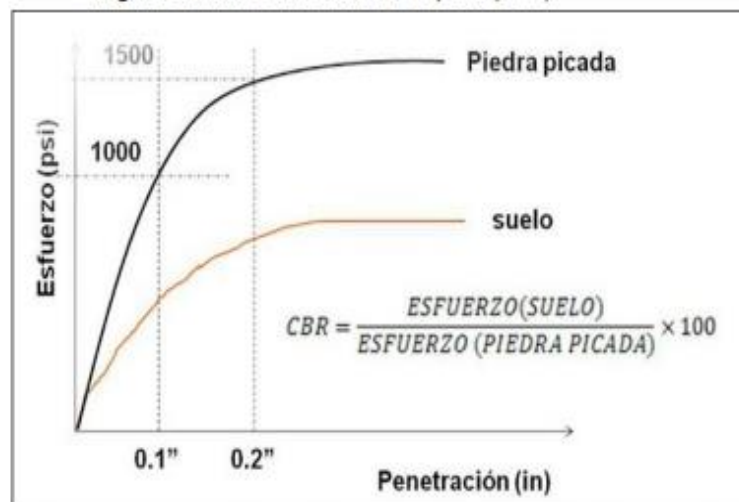
## INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023

- **Dimensión D3: Valor de la Relación de Soporte (CBR)**

Según Sánchez, (2023) el CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio», aunque en países como México se conoce también este ensayo por las siglas VRS, de Valor Relativo del Soporte. Aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964.

Según la norma ASTM D 1883, (2021) el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define CBR, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1" (0.25 cm) y 0.2" (0.5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje.

**Figura 3.** Valor de la relación de soporte (CBR)



**Nota:** Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad. Tomado de <https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr/>, por Trigo C. I., 2023.



## **INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

Según ASTM, (2022) para la versión de laboratorio del ensayo CBR existen dos variantes, una llamada «CBR para humedad óptima», y la otra llamada «CBR para un rango de contenidos de agua». El CBR para humedad óptima es la variante más popular y es conocida también como «CBR de tres puntos». Consiste en elaborar tres especímenes compactando el suelo con energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes por capa. La humedad de mezclado del suelo es la humedad óptima del Proctor Modificado. Para obtener el CBR del suelo se prepara una gráfica con los resultados del ensayo de los tres especímenes poniendo en las abscisas al grado de compactación o la densidad y en las ordenadas al valor de CBR, y se unen los puntos a través de una curva. El CBR del suelo se define como el intercepto correspondiente al grado mínimo de compactación establecido por la especificación del proyecto o agencia solicitante. Aunque ASTM explica que esta variante está destinada a suelos que no son susceptibles al humedecimiento (por ejemplo, suelos granulares limpios), es práctica común utilizarla para todo tipo de suelos (corriendo el riesgo de no evaluar la influencia de la humedad en un suelo susceptible a la humedad). El CBR para un rango de humedad es conocido también como «CBR de 15 puntos» y ASTM lo recomienda para suelos susceptibles a la humedad (suelos cohesivos o todos los suelos no limpios) o en los que se quiera evaluar el efecto de la humedad en la resistencia. ASTM dice que se preparan varios especímenes de suelo compactándolos en un rango de contenidos de agua similares a los que se piensa estará sometido en campo, y a varios niveles de energía de compactación, típicamente 12, 25 y 56 golpes por capa. Por lo que podemos concluir diciendo, el CBR es un ensayo que se puede utilizar para evaluar y diseñar. Se evalúan subrasantes o superficies de colocación de estructuras. Por otra parte, se diseñan suelos para ser utilizados como materiales de base y subbase de pavimento, o para rellenos estructurales.

## **INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

### **2. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

Para el desarrollo de investigaciones se aplican diversas herramientas de investigación para recopilar datos. Los más populares son entrevistas, encuestas, grupos focales y fuentes secundarias, sin embargo, para una investigación ingeniería se destaca a las observaciones como las técnicas más frecuentes, las cuales tienen su base en los ensayos de laboratorio Cisneros et al. (2022). Además, se refiere a la metodología de investigación, al proceso o método específico para recopilar datos o información (Arias, 2012). Donde, las herramientas de recopilación de datos son las herramientas y técnicas que utiliza para recopilar y registrar información sobre proyectos de investigación (Piza et al., 2019).

La investigación tiene como técnica la *Observación sistemática y/o estructurada* a través de métodos y procedimientos referidos en MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, (2016), debido a que implica visualizar o capturar sistemáticamente cualquier suceso, fenómeno o circunstancia que se presente en la naturaleza o en la sociedad de acuerdo con los objetivos de la investigación (Arias, 2012).

Respecto a la *Validez* del instrumento, es la medida en que un dispositivo realmente mide la variable a medir (Hernández et al., 2014). En este sentido, la validez es el grado en que un instrumento mide lo que se supone que debe medir. Para obtenerlo se debe comparar el instrumento a utilizar con el valor ideal del objeto medido, cuyo valor ideal corresponde al valor de la variable o subvariable López et al. (2019). Para la presente investigación se aplicará todo lo establecido en la NORMA GENERAL MTC E 001, (2013). Esta regula las condiciones que deben cumplir los técnicos de laboratorio, así como los equipos necesarios para realizar ensayos y presentar informes.

La confiabilidad de los instrumentos es el grado en que un dispositivo de medición produce resultados consistentes y uniformes (Hernández et al., 2014). Además, con la confiabilidad se establece el grado en que un instrumento genera los mismos resultados en diversos ensayos (Gani et al., 2020). En ese sentido, la investigación se regirá a lo establecido por él (INACAL) debido a que es el líder a nivel nacional en cuanto a calidad, normas técnicas, certificaciones y metrología. Certificados de Calibración de Equipos e Instrumentos (Ver anexo).

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

**Tabla 3.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>TECNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>FUENTES</b>
Ensayo de Compactación Proctor Modificado	Ficha de registro	NTP 339.141, ASTM D 1557 MTC E 115
Ensayo Valor de la Relación de Soporte CBR	Ficha de registro	NTP 339.145, ASTM D 1883 MTC E 132

**Fuente:** *Elaboración propia*

Para lograr con eficiencia y eficacia los objetivos planteados, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La forma más fácil y práctica de determinar las propiedades del subsuelo es realizar estudios de campo en varios puntos del área en investigación.
- Se deberá recopilar e indagar sobre información referente a estudios básicos de ingeniería como topografía, geología y geotecnia desarrollados en la zona o localidades cercanos al área en investigación, así como posibles problemas geológicos y geotécnicos.
- Extracción y amplificación de muestras para que puedan ser enviadas al laboratorio.
- Aplicación de ensayos de laboratorio como los ensayos estándar y especiales.
- Análisis e interpretación tanto de datos como de resultados obtenidos en campo y de los ensayos de laboratorio.

## EVALUACION DE EXPERTOS

### TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION:

Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos en Ruta LO 545, Loreto, 2023.

### EXPERTO:

JHIN SAAVEDRA RENGIFO Ingeniero Civil Reg. CIP N° 118505

Presento a usted el instrumento de recolección de datos del proyecto de investigación para su revisión y sugerencias.

N°	CRITERIOS	OBSERVACIONES
1.-	¿El instrumento de recolección de datos esta orientado al problema de investigación?	SI
2.-	¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	SI
3.-	¿Los instrumentos de recolección de datos facilitaran el logro de los objetivos de la investigación?	SI
4.-	¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con la o las variables del estudio?	SI
5.-	¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	SI
6.-	¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
7.-	¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitara el análisis y procesamiento de los datos?	SI
8.-	¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminaría algún ítem?	NO
9.-	¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	NO
10.-	¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	SI
11.-	¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	SI

### SUGERENCIAS:

.....  
.....  
.....

### ATENTAMENTE:

  
-----  
Jhin Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

## EVALUACION DE EXPERTOS

### TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION:

Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos en Ruta LO 545, Loreto, 2023.

### EXPERTO:

DERY MAX SINTI DEL AGUILA, Ingeniero Civil Reg. CIP N° 96005

Presento a usted el instrumento de recolección de datos del proyecto de investigación para su revisión y sugerencias.

N°	CRITERIOS	OBSERVACIONES
1.-	¿El instrumento de recolección de datos está orientado al problema de investigación?	SI
2.-	¿En el instrumento de recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	SI
3.-	¿Los instrumentos de recolección de datos facilitaran el logro de los objetivos de la investigación?	SI
4.-	¿Los instrumentos de recolección de datos se relacionan con la o las variables del estudio?	SI
5.-	¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	SI
6.-	¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
7.-	¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitara el análisis y procesamiento de los datos?	SI
8.-	¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminaría algún ítem?	NO
9.-	¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	NO
10.-	¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	SI
11.-	¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	SI

### SUGERENCIAS:

.....  
.....  
.....

### ATENTAMENTE:

ALTAIR CONTRATISTAS S.A.C.  
Ing. Dery Max Sinti del Aguilá  
GERENTE GENERAL

## Anexo. Certificado de ensayos de laboratorio



Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.  
RUC: 20611212373  
geolitoeir@gmail.com  
Teléfono: 942661604  
Dirección: Jr. Juanjui N° 140 - Tarapoto

### CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

El Gerente General de la Empresa: GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.

#### CERTIFICA:

Que el Bach. **TRIGOSO CAVERO, CARLOS IGOR**, identificado con DNI N°46737685, estudiante de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, ha realizado sus ensayos de laboratorio de su tesis: Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos en Ruta LO 545, Loreto, 2023. Entre los periodos setiembre a noviembre del 2023.

Se expide el siguiente certificado a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Tarapoto, 30 de noviembre del 2023

Juan Saavedra Kengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Anexo. Comprobante de pago ensayos de laboratorio

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	SERVICIO DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA TESIS: INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANITICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023.	3000.00	0.00	3,000.00	0.00
Otros Cargos :						S/0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/3,000.00
<b>SON: TRES MIL Y 00/100 SOLES</b>						
(*) Sin impuestos.						
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.						
Op. Gravada :						S/ 0.00
Op. Exonerada :						S/ 3,000.00
Op. Inafecta :						S/ 0.00
ISC :						S/ 0.00
IGV :						S/ 0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Otros Cargos :						S/ 0.00
Otros Tributos :						S/ 0.00
Monto de Redondeo :						S/ 0.00
Importe Total :						S/ 3,000.00
<p><i>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: <a href="http://www.sunat.gob.pe">www.sunat.gob.pe</a>, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</i></p>						

GEO & LITO AMAZONICO EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

JR. JUANJUI 140

TARAPOTO - SAN MARTIN - SAN MARTIN

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA

RUC: 20611212373

EB01-5

Fecha de Vencimiento :

Fecha de Emisión : 30/01/2024

Señor(es) : CARLOS IGOR TRIGOSO  
CAVERO

DNI : 46737685

Dirección del Cliente : AV. SIN NOMBRE 01 URB. SIN  
NOMBRE LORETO-ALTO AMAZONAS-  
YURIMAGUAS

Tipo de Moneda : SOLES

Observación :





**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO  
EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

Proyecto: \_\_\_\_\_  
 Localización: \_\_\_\_\_  
 Materia: \_\_\_\_\_  
 Materia: \_\_\_\_\_  
 Para Uso: \_\_\_\_\_  
 Referencia: \_\_\_\_\_

Prof. de Muestra: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

HUMEDAD NATURAL: NTP 308.127				
METODO DEL CÁLCULO	MÉTODO "W" ± 0.1%			
METODO DE CÁLCULO	MÓDULO 110 ± 0.01			
TARA	1	2	3	UNIDAD
MAZA DE LA TARA				g
MAZA DEL SUELO HUMEDO + TARA				g
MAZA DEL SUELO SECO + TARA				g
MAZA DEL AGUA				g
MAZA DEL SUELO SECO				g
% DE HUMEDAD				%
PROMEDIO % DE HUMEDAD				%

  
 -----  
 Tec. Luis Felipe Lopez Chuguzuta  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Civil en y en la  
 DNI N° 45588225

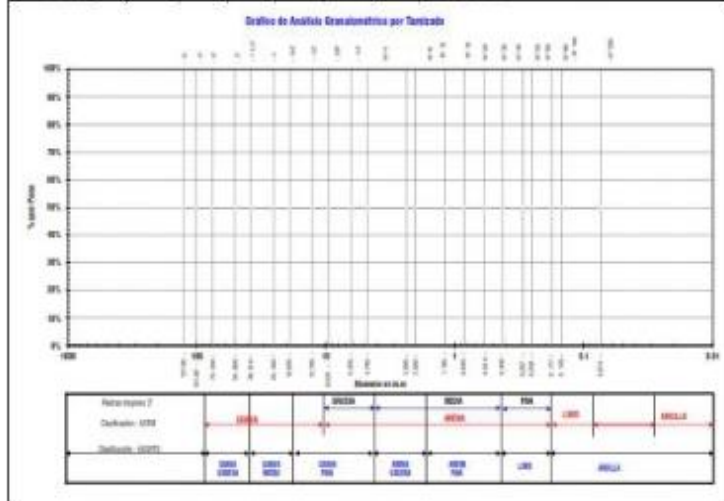
  
 -----  
 Juan Saavedra Kengifo  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 118505

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

Proyecto: \_\_\_\_\_  
 Localización: \_\_\_\_\_  
 Muestra: \_\_\_\_\_  
 Para uso: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Profundidad de Muestra: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO: NTP 309.102									
Grano	Diámetro	Área de Abertura (mm²)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Fino	Capacidad	1. Retenido en el tamiz de la Muestra	2. Retenido en el tamiz de la Muestra	3. Retenido en el tamiz de la Muestra
Ø	75	4418							
Ø	425	180625							
Ø	750	441825							
Ø	1180	1392400							
Ø	1500	2250000							
Ø	2000	4000000							
Ø	2500	6250000							
Ø	3000	9000000							
Ø	3500	12250000							
Ø	4000	16000000							
Ø	4500	20250000							
Ø	5000	25000000							
Ø	5500	30250000							
Ø	6000	36000000							
Ø	6500	42250000							
Ø	7000	49000000							
Ø	7500	56250000							
Ø	8000	64000000							
Ø	8500	72250000							
Ø	9000	81000000							
Ø	9500	90250000							
Ø	10000	100000000							
Ø	10500	110250000							
Ø	11000	121000000							
Ø	11500	132250000							
Ø	12000	144000000							
Ø	12500	156250000							
Ø	13000	169000000							
Ø	13500	182250000							
Ø	14000	196000000							
Ø	14500	210250000							
Ø	15000	225000000							
Ø	15500	240250000							
Ø	16000	256000000							
Ø	16500	272250000							
Ø	17000	289000000							
Ø	17500	306250000							
Ø	18000	324000000							
Ø	18500	342250000							
Ø	19000	361000000							
Ø	19500	380250000							
Ø	20000	400000000							
Ø	20500	420250000							
Ø	21000	441000000							
Ø	21500	462250000							
Ø	22000	484000000							
Ø	22500	506250000							
Ø	23000	529000000							
Ø	23500	552250000							
Ø	24000	576000000							
Ø	24500	600250000							
Ø	25000	625000000							
Ø	25500	650250000							
Ø	26000	676000000							
Ø	26500	702250000							
Ø	27000	729000000							
Ø	27500	756250000							
Ø	28000	784000000							
Ø	28500	812250000							
Ø	29000	841000000							
Ø	29500	870250000							
Ø	30000	900000000							
Ø	30500	930250000							
Ø	31000	961000000							
Ø	31500	992250000							
Ø	32000	1024000000							
Ø	32500	1056250000							
Ø	33000	1089000000							
Ø	33500	1122250000							
Ø	34000	1156000000							
Ø	34500	1190250000							
Ø	35000	1225000000							
Ø	35500	1260250000							
Ø	36000	1296000000							
Ø	36500	1332250000							
Ø	37000	1369000000							
Ø	37500	1406250000							
Ø	38000	1444000000							
Ø	38500	1482250000							
Ø	39000	1521000000							
Ø	39500	1560250000							
Ø	40000	1600000000							
Ø	40500	1640250000							
Ø	41000	1681000000							
Ø	41500	1722250000							
Ø	42000	1764000000							
Ø	42500	1806250000							
Ø	43000	1849000000							
Ø	43500	1892250000							
Ø	44000	1936000000							
Ø	44500	1980250000							
Ø	45000	2025000000							
Ø	45500	2070250000							
Ø	46000	2116000000							
Ø	46500	2162250000							
Ø	47000	2209000000							
Ø	47500	2256250000							
Ø	48000	2304000000							
Ø	48500	2352250000							
Ø	49000	2401000000							
Ø	49500	2450250000							
Ø	50000	2500000000							



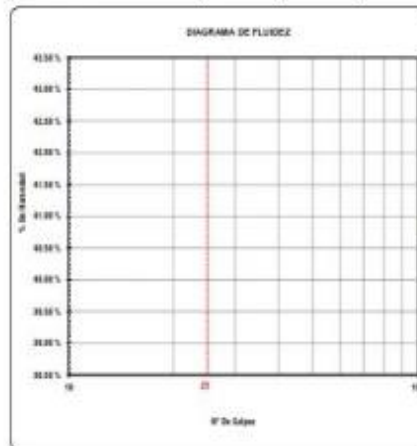
  
 Lic. Luis Felipe Lopez Chuguzuta  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Civil y Geotecnia  
 DNI N° 45586225

  
 Juan Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO  
EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

Proyecto	_____	Perforación:	_____
Localización	_____	Profundidad de la Muestra:	_____
Muestra	_____	Fecha:	_____
Material	_____		
Para Usar	_____		

LIMITE LIQUIDO: NTP 339.129				
METODO DE ENSAYO	MULTIPUNTO			UNIDAD
TAMA	1	2	3	
MASA DE LA YARDA				g
MASA DEL SUELO HUMEDO + YARDA				g
MASA DEL SUELO SECO + YARDA				g
MASA DEL AGUA				g
MASA DEL SUELO SECO				g
% DE HUMEDAD				%
NUMERO DE GOLPES				



LIMITE DE ATERRENO	
Límite Líquido (%)	
Límite Plástico (%)	
Índice de Plasticidad (%)	

Índice de consistencia (I.C. %)	
---------------------------------	--

CLASIFICACION	
Clasificación USCS	
Clasificación AASHTO	

LIMITE PLASTICO: NTP 339.129				
TAMA	1	2	3	UNIDAD
MASA DE YARDA				g
MASA DEL SUELO HUMEDO + YARDA				g
MASA DEL SUELO SECO + YARDA				g
MASA DEL AGUA				g
MASA DEL SUELO SECO				g
% DE HUMEDAD				%
% PROYECTADO				%

  
 Ter. Luis Felipe López Chuguzuta  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Civil y Geotecnia  
 OMI N° 45880225

  
 Inm Saavedra Romo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505



**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO  
EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) : NTP 330.145									
Proyecto	:	_____							
Localización	:	_____							
Muestra	:	_____							
Material	:	_____							
Fecha	:	_____							
COMPACTACION									
Molde N°			64		35		28		
N° de golpes por capa			10		25		50		
CONDICIONES DE LA PRUEBA									
Massa del molde + suelo húmedo (g)									
Massa del molde (g)									
Massa del suelo húmedo (g)									
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )									
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )									
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )									
Tara N°									
Massa de la Tara + suelo húmedo (g)									
Massa de la Tara + suelo seco (g)									
Massa del agua (g)									
Massa del suelo seco (g)									
% de humedad									
PRELIMINAR DE HUNDIDO									
EXPANSION									
PROVA	TIPO	LECTURA	EXPANSION			LECTURA	EXPANSION		
		mm	mm	mm	%	mm	mm	%	mm
PENETRACION									
PENETRACION (mm)	SUELO 0/10' 14 de Golpes	SUELO 0/10' 25 de Golpes	SUELO 0/10' 50 de Golpes			SUELO 0/10' 100 de Golpes			
			CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
	kg	kg/cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	
0.300	0.100								
0.325	0.600								
0.350	1.375								
0.375	1.900								
0.400	2.500								
0.425	3.075								
0.450	3.600								
0.475	4.200								
0.500	4.800								
0.525	5.375								
0.550	5.950								
0.575	6.525								
0.600	7.100								
0.625	7.675								
0.650	8.250								
0.675	8.825								
0.700	9.400								
0.725	9.975								
0.750	10.550								

  
 .....  
 Lic. Luis Felipe Lopez Chuquiza  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Civil - IN y V - C  
 DNI N° 45386225

  
 .....  
 Juan Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

**INFLUENCIA DEL USO DE ARENA GRANÍTICA Y LIGNOSULFONATO DE CALCIO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS COHESIVOS EN RUTA LO 545, LORETO, 2023**

Proyecto : _____ Localización : _____ Muestra : _____ Material : _____ Fecha : _____	<b>USUARIO</b> : <b>C.S.A.</b> Nivelación: <b>Horizontal</b> (Cálculo Peric. Mod.) Escala: <b>1:1</b> Max. Des. Peric. Mod.: _____ Fecha: _____
--	---

**C.S.A. (0.00%)**

**C.S.A. (0.00%)**

**C.S.A. (0.00%)**

**C.S.A. (0.00%)**

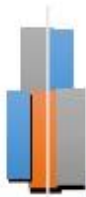
USUARIOS	N.º	A.L. (mm)	REND. (%)	COMP. (%)	CSA 1'	CSA 2'	CSA 1' 50%	CSA 1' 100%

**CATEGORÍA DE SUS RESULTADOS** : \_\_\_\_\_

Ter. Luis Felipe López Chuquzuta  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Civil - 4<sup>to</sup> y 5<sup>to</sup> año  
 DNI N.º 45686225

Juan Saavedra Kengifo  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N.º 118505

**Anexo. Informe de ensayos de laboratorio**



Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.  
RUC: 20611212373  
geolitoeir@gmail.com  
Teléfono: 942661604  
Dirección: Jr. Juanjui N° 140 - Tarapoto

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES**

**GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.**

**INFORME DE ENSAYOS DE LABORATORIO  
INFORME TECNICO N° 01 - 2023**

**TITULO DE LA TESIS:**

Influencia del Uso de Arena Granítica y Lignosulfonato de Calcio en las Propiedades de Suelos Cohesivos en Ruta LO 545, Loreto, 2023.



**SOLICITANTE:** Bach. Trigo Cavero, Carlos Igor

**PROFESIONAL:** JHIN SAAVEDRA RENGIFO

**RESPONSABLE (PR):** Ingeniero Civil  
Reg. CIP N° 118505

  
-----  
Jhin Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

**UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN:**

**Distrito:** Yurimaguas  
**Provincia:** Alto Amazonas  
**Departamento:** Loreto  
**Región:** SELVA

  
-----  
Lic. Luis Felipe Linares Chuquizuta  
Especialista en Mecánica de Suelos,  
Civil y Geotecnia  
DNI N° 45886225

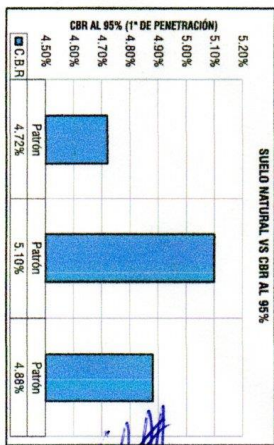
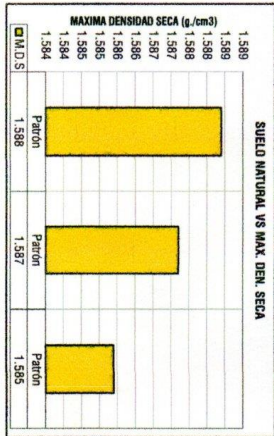
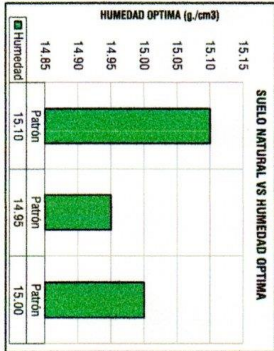
**NOVIEMBRE - 2023**



**Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.**  
 RUC: 20611212373  
 geolitoeir@gmail.com  
 Teléfono: 942661604  
 Dirección: Jr. Juanjui N° 140 - Tarapoto

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**Cuadro Resumen**

Calicleta N°	Estado N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 338.127)	Análisis Granulométrico Por Tamizado (NTP 338.128)				Límite de Consistencia (NTP 338.129)			Clasificación	SUCS	Nivel Freático o Fricción de agua (m)	Proctor Modificado (NTP 339.141)		CBR (California Bearing Ratio) NTP 339.145		Categoría de Substrato de Suelo (NTP 339.146)
					% Pasa Tamiz N° 4	% Pasa Tamiz N° 10	% Pasa Tamiz N° 40	% Pasa Tamiz N° 200	Límite Líquido (L.L.)	Límite Plástico (L.P.)	Índice de Plasticidad (I.P.)				At 100% de la Max. Densidad Seca	At 95% de la Max. Densidad Seca			
C-1	E-2	0.20 - 0.80	Patron	32.54	100.00	99.81	98.88	98.12	43.05	31.69	11.37	A-7-5(15)	ML	N.T	1.588	15.10	8.95	4.72	S1 Substrato Insuficiente
	E-3	0.80 - 1.50	Patron	52.72	100.00	99.84	93.31	80.58	39.30	37.14	22.16	A-7-5(21)	MH	N.T	1.588	15.10	8.95	4.72	S1 Substrato Insuficiente
	E-2	0.18 - 0.55	Patron	36.53	99.86	99.75	98.39	90.71	44.10	32.27	11.83	A-7-5(14)	ML	N.T	1.587	14.95	10.26	5.10	S1 Substrato Insuficiente
C-2	E-3	0.55 - 1.50	Patron	49.78	99.79	99.83	96.58	91.47	55.95	39.68	16.28	A-7-5(21)	MH	N.T	1.587	14.95	10.26	5.10	S1 Substrato Insuficiente
	E-2	0.20 - 0.70	Patron	39.49	99.83	99.51	97.49	89.89	46.92	35.56	11.36	A-7-5(14)	ML	N.T	1.585	15.00	9.46	4.88	S1 Substrato Insuficiente
C-3	E-3	0.70 - 1.50	Patron	51.51	99.73	99.57	95.88	89.82	56.99	38.78	17.21	A-7-5(21)	MH	N.T	1.585	15.00	9.46	4.88	S1 Substrato Insuficiente



*[Signature]*  
 Tec. Luis Felipe Lopez Chuquizuta  
 Especialista en Mecánica de Suelos,  
 Control de Calidad y Asfalto  
 DNI N° 43885225

*[Signature]*  
 Ing. Saavedra Rengifo  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 118505

Elaboración de Perfiles y Expedientes Técnicos, Estudio de Mecánica de Suelos, Estudio Geológico, Estudio Geotécnico, Estudio Geofísico, Control de Calidad en Obra, Diseño de Mezcla de Concreto, Diseño de Mezcla Asfáltica y Diseño de Pavimentos



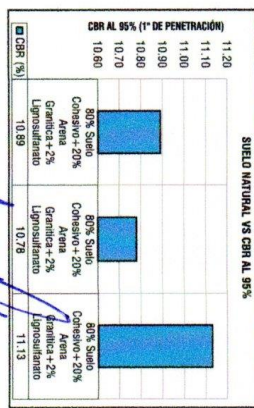
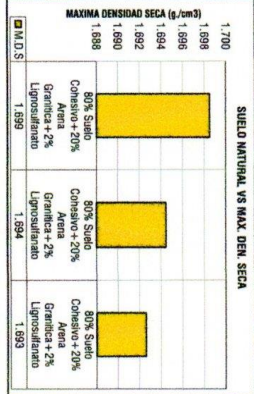
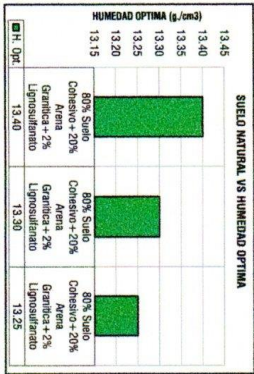


Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.  
 RUC: 20611212373  
 geolitoairl@gmail.com  
 Teléfono: 942661604  
 Dirección: Jr. Juanjui N° 140 - Tarapoto

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**Cuadro Resumen - 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 2% Lignosulfonato**

Calleada Nº	Espesor (m)	Mezcla	% de Humedad (NTP 338.127)	Análisis Granulométricos Por Tamizado (NTP 338.129)			Límite de Consistencia (NTP 338.129)			Clasificación	Índice de Plasticidad (I.P.)	Categoría de SUELOS	Nivel Fractura o Estricción (m)	Ponder Medios (NTP 338.141)		CRB (Coeficiente de Bombeo) (NTP 338.145)		Categoría de Subrasante
				% Pasa Tamiz Nº 4	% Pasa Tamiz Nº 10	% Pasa Tamiz Nº 40	Límite Líquido (L.L.)	Límite Plástico (L.P.)	Índice de Plasticidad (I.P.)					Max. Densidad Seca	Humedad Óptima	Al 100% de la Densidad Seca	Al 95% de la Densidad Seca	
C-1	E-3 0.80 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 2% Lignosulfonato	24.50	97.77	88.69	78.82	66.65	33.86	28.07	5.59	A-4(13)	ML	N.T	1.699	13.40	19.18	10.88	S3 Subrasante Buena
C-2	E-3 0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 2% Lignosulfonato	23.73	98.15	90.76	80.79	69.16	33.38	27.66	5.72	A-4(13)	ML	N.T	1.694	13.30	19.27	10.78	S3 Subrasante Buena
C-3	E-3 0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 2% Lignosulfonato	23.81	97.59	89.94	78.50	68.22	33.38	27.56	5.83	A-4(13)	ML	N.T	1.693	13.25	20.78	11.13	S3 Subrasante Buena



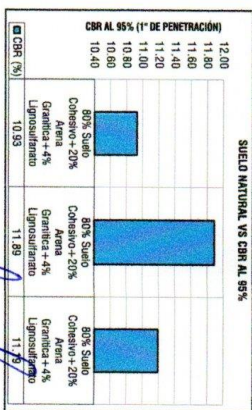
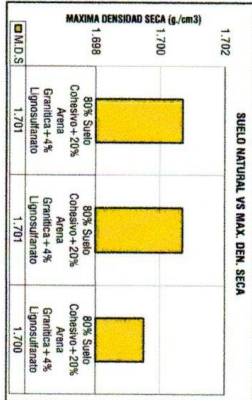
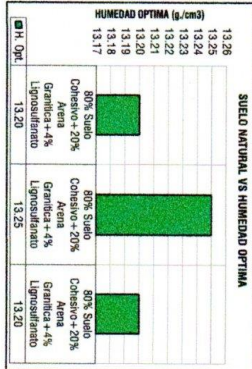
*[Firma]*  
 Ing. Nataveña Katty  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505



Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.  
 RUC: 20611212373  
 geolitoeir@gmail.com  
 Teléfono: 942661604  
 Dirección: Jr. Juanjui N° 140 - Tarapoto

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**Cuadro Resumen - 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 4% Lignosulfonato**

Categoría N°	Estrato N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 338.127)	Análisis Granulométrico Por Tamizado (NTP 338.128)				Límite de Consistencia (NTP 338.129)			Clasificación	Nivel Freático de agua (m)	Precio Mediano (NTP 338.141)	CBR (Cálculo Boring NTP 338.145)		Categoría de Substrato CBR 0.1 - de Penetración	
					% Pasa Tamiz N° 4	% Pasa Tamiz N° 10	% Pasa Tamiz N° 40	% Pasa Tamiz N° 200	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)				Al 100% de Max. Densidad Seca	Al 95% de Max. Densidad Seca		
C-1	E-3	0.50 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 4% Lignosulfonato	22.21	98.89	91.53	80.17	67.89	30.72	25.07	5.65	A-4(13)	N.T	1.701	13.20	19.13	10.93	S3 Substrato Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 4% Lignosulfonato	22.63	98.80	92.85	82.61	70.46	30.50	23.98	6.54	A-4(13)	N.T	1.701	13.25	22.40	11.89	S3 Substrato Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 4% Lignosulfonato	22.85	97.53	90.31	78.13	67.23	33.31	27.55	5.76	A-4(13)	N.T	1.700	13.20	20.13	11.19	S3 Substrato Buena



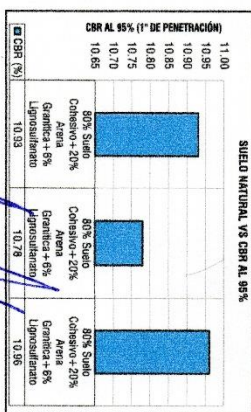
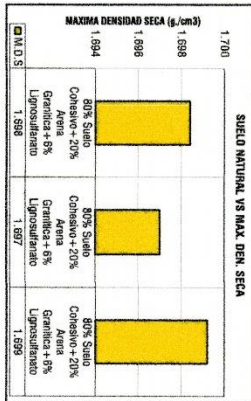
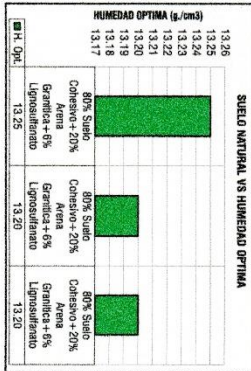
*[Signature]*  
 Inga SANCHEZ RIVERA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505



**Geo & Lito Amazónico E.I.R.L.**  
 RUC: 20611212373  
 geolitoeir@gmail.com  
 Teléfono: 942661604  
 Dirección: Jr. Juanjui N° 140 - Tarapoto

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**  
**Cuadro Resumen - 80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 6% Lignosulfonato**

Categoría N°	Estado N°	Profundidad (m)	Muestra	% de Humedad Natural (NTP 338.127)	Análisis Granométrico Por Tamizado (NTP 338.126)			Límite de Consistencia (NTP 338.129)		Clasificación AASHTO	Clasificación SICS	Índice de Plasticidad (I.P.)	Índice de Consistencia (I.C.)	Categoría de Substrato
					% Pasa Tamiz N° 4	% Pasa Tamiz N° 10	% Pasa Tamiz N° 40	Límite Líquido (L.L.)	Límite Plástico (L.P.)					
C-1	E-3	0.80 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 6% Lignosulfonato	22.21	98.74	91.18	80.52	68.75	32.09	26.57	5.53	A-4(13)	N.T	S3 Substrato Buena
C-2	E-3	0.55 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 6% Lignosulfonato	23.33	96.83	90.84	81.09	69.36	31.20	25.24	5.96	A-4(13)	N.T	S3 Substrato Buena
C-3	E-3	0.70 - 1.50	80% Suelo Cohesivo + 20% Arena Granítica + 6% Lignosulfonato	23.14	97.20	91.20	78.42	68.47	33.30	27.55	5.78	A-4(13)	N.T	S3 Substrato Buena



*JIMMY SARDUYA RENGIFO*  
**INGENIERO CIVIL**  
 CIP N° 118505

## Anexo. Certificados de calibración de equipos e instrumentos



### PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-882-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 351-2023  
Fecha de emisión : 2023-10-23

1. Solicitante : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
Dirección : JR. JUANJUI NRO. 140 - TARAPOTO - SAN MARTIN

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : TAMIEQUIPOS  
Modelo de Prensa : TCP038  
Serie de Prensa : 811

Marca de Celda : OAP  
Modelo de Celda : DEF-A  
Serie de Celda : 5CK498  
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de indicador : NO INDICA  
Serie de indicador : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración  
JR. JUANJUI NRO. 140 - TARAPOTO - SAN MARTIN  
21 - OCTUBRE - 2023

4. Método de Calibración  
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	ZEMIC	MT-8009-2023	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	33,9	34,1
Humedad %	56	57

7. Resultados de la Medición  
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones  
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Juan Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505



# PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-882-2023

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	493.85	494.00	1.23	1.20	493.93	1.23	-0.03
1000	991.40	990.85	0.86	0.91	991.13	0.90	0.05
1500	1494.40	1493.80	0.37	0.41	1494.10	0.39	0.04
2000	2002.35	2001.50	-0.12	-0.08	2001.93	-0.10	0.04
2500	2509.65	2509.20	-0.39	-0.37	2509.43	-0.38	0.02
3000	3018.75	3017.15	-0.63	-0.57	3017.95	-0.59	0.05
3500	3526.40	3527.20	-0.75	-0.78	3526.80	-0.76	-0.02
4000	4035.35	4034.90	-0.88	-0.87	4035.13	-0.87	0.01

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente de Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9872x + 20,207$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
 y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

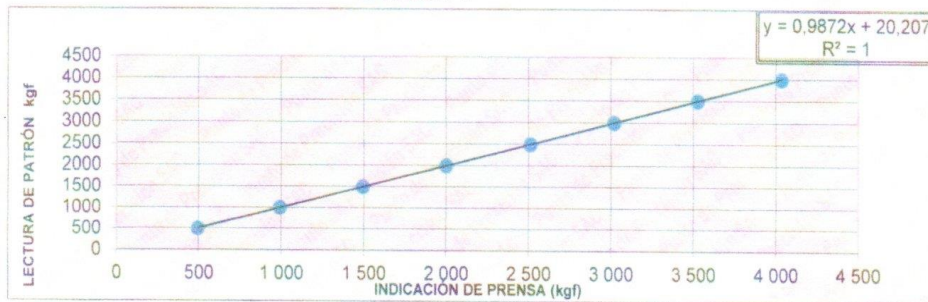
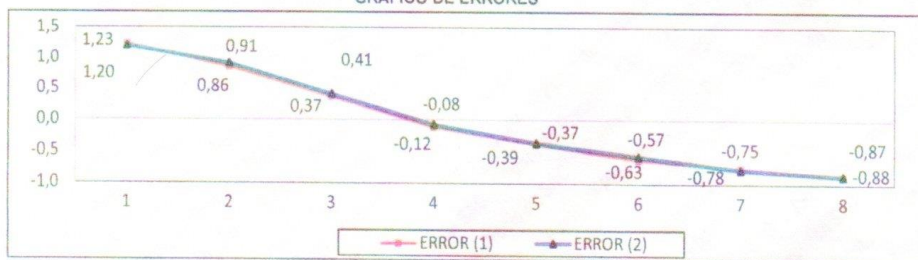



GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

  
 Juan Sagvedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1103-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 351-2023  
 Fecha de Emisión : 2023-10-24

**1. Solicitante** : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.

Dirección : JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA

Marca : T-SCALE

Modelo : NHB-600

Número de Serie : 105716235011

Alcance de Indicación : 600 g

División de Escala de Verificación ( e ) : 0,01 g

División de Escala Real (d) : 0,01 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : EQ-03

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2023-10-20

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Inga Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1103-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	35,8	36,9
Humedad Relativa	44,0	45,0

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 599,93 g para una carga de 600,00 g  
El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 29 °C a 38 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

	Inicial	Final
Temp. (°C)	35,8	36,9

Medición N°	Carga L1= 300,000 g			Carga L2= 600,000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300,00	0,007	-0,002	600,00	0,005	0,000
2	300,00	0,006	-0,001	600,00	0,008	-0,003
3	300,00	0,008	-0,003	600,00	0,007	-0,002
4	299,99	0,002	-0,007	600,00	0,009	-0,004
5	299,99	0,004	-0,009	600,00	0,005	0,000
6	300,00	0,009	-0,004	600,00	0,006	-0,001
7	300,00	0,006	-0,001	600,00	0,008	-0,003
8	299,99	0,001	-0,006	600,00	0,007	-0,002
9	300,00	0,005	0,000	600,00	0,005	0,000
10	300,00	0,008	-0,003	600,00	0,009	-0,004
Diferencia Máxima			0,009			0,004
Error máximo permitido	± 0,03 g			± 0,03 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Ing. Suscedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

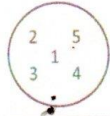
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1103-2023  
 Página: 3 de 3



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	0,100	0,10	0,007	-0,002	200,000	200,00	0,005	0,000	0,002
2		0,10	0,005	0,000		200,00	0,008	-0,003	-0,003
3		0,10	0,009	-0,004		200,00	0,006	-0,001	0,003
4		0,10	0,005	0,000		200,00	0,009	-0,004	-0,004
5		0,10	0,008	-0,003		200,00	0,007	-0,002	0,001

Temp. (°C) Inicial: 36,9 Final: 36,8

Error máximo permitido: ± 0,03 g

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
0,100	0,10	0,007	-0,002						
0,200	0,20	0,005	0,000	0,002	0,20	0,008	-0,003	-0,001	0,01
5,000	5,00	0,006	-0,001	0,001	5,00	0,006	-0,001	0,001	0,01
20,000	20,00	0,008	-0,003	-0,001	20,00	0,007	-0,002	0,000	0,01
50,000	50,00	0,009	-0,004	-0,002	50,00	0,008	-0,003	-0,001	0,01
100,000	100,00	0,007	-0,002	0,000	100,00	0,005	0,000	0,002	0,02
150,000	150,00	0,005	0,000	0,002	150,00	0,008	-0,003	-0,001	0,02
200,000	200,00	0,005	0,000	0,002	200,00	0,007	-0,002	0,000	0,02
400,001	400,00	0,008	-0,003	-0,002	400,00	0,006	-0,001	0,000	0,03
500,000	500,00	0,006	-0,001	0,001	500,00	0,005	0,000	0,002	0,03
600,000	599,99	0,003	-0,008	-0,006	599,99	0,003	-0,008	-0,006	0,03

e.m.p. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,86 \times 10^{-6} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{2,59 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 7,75 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

*[Signature]*  
 Ing. Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DEL PUNTO DE PRECISIÓN SAC





Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1104-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 351-2023  
 Fecha de Emisión : 2023-10-24

**1. Solicitante** : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
 Dirección : JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
 Marca : PRECISA  
 Modelo : ES-1020  
 Número de Serie : 2019GU0228018  
 Alcance de Indicación : 1 020 g  
 División de Escala de Verificación ( e ) : 10 mg  
 División de Escala Real (d) : 1 mg  
 Procedencia : NO INDICA  
 Identificación : EQ-104  
 Tipo : ELECTRÓNICA  
 Ubicación : LABORATORIO  
 Fecha de Calibración : 2023-10-20

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**


La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

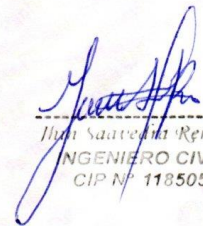
**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

  
Juan Saucedo Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1104-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	30,8	31,8
Humedad Relativa	50,0	54,0

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 1 019,694 g para una carga de 1 020,000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 29 °C a 38 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Temp. (°C)	Initial	Final
	30,9	31,1

Medición N°	Carga L1= 500,0000 g			Carga L2= 1 000,0008 g		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	499,999	0	-1	1 000,000	0	-1
2	499,998	0	-2	1 000,000	0	-1
3	500,000	0	0	1 000,000	0	-1
4	500,000	0	0	999,999	0	-2
5	500,000	0	0	1 000,000	0	-1
6	499,999	0	-1	1 000,000	0	-1
7	500,000	0	0	1 000,000	0	-1
8	500,000	0	0	999,999	0	-2
9	499,999	0	-1	1 000,000	0	-1
10	500,000	0	0	1 000,000	0	-1
Diferencia Máxima	2			1		
Error máximo permitido	± 30 mg			± 30 mg		



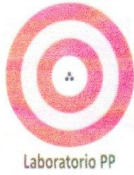
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

*[Signature]*  
 Dra. Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

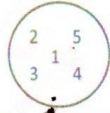


**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1104-2023

Página: 3 de 3



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,0100	0,010	0	0	300,0001	300,000	0	0	0
2		0,010	0	0		300,001	0	1	1
3		0,010	0	0		300,001	0	1	1
4		0,010	0	0		300,001	0	1	1
5		0,010	0	0		299,990	0	-10	-10

Temp. (°C) Inicial: 31,1 Final: 30,8

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 30 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,0100	0,010	0	0						
0,2000	0,200	0	0	0	0,200	0	0	0	10
5,0000	5,000	0	0	0	5,001	0	1	1	10
50,0000	50,000	0	0	0	50,003	0	3	3	10
70,0001	70,000	0	0	0	70,003	0	3	3	20
99,9999	100,000	0	0	0	100,004	0	4	4	20
200,0002	200,001	0	1	1	200,002	0	2	2	20
500,0000	500,002	0	2	2	500,006	0	6	6	30
700,0003	700,004	0	4	4	700,008	0	8	8	30
1 000,0008	1 000,006	0	5	5	1 000,010	0	9	9	30
1 020,0009	1 020,012	0	11	11	1 020,012	0	11	11	No es clase

Temp. (°C) Inicial: 30,8 Final: 31,8

e.m.p. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 6,36 \times 10^{-6} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{2,00 \times 10^0 \text{ mg}^2 + 7,91 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R Lectura de la balanza    ΔL Carga Incrementada    E Error encontrado    E<sub>0</sub> Error en cero    E<sub>c</sub> Error corregido

R: en mg

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

*[Signature]*  
 Juan Saucedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 110505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN SAC



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC-033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1105-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 351-2023  
 Fecha de Emisión : 2023-10-24

**1. Solicitante** : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.

**Dirección** : JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA

Marca : T-SCALE

Modelo : TB-3000

Número de Serie : 104507050013

Alcance de Indicación : 3 000 g

División de Escala de Verificación ( e ) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : EQ-06

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2023-10-20

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

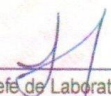
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

  
Juan Saucedo Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1105-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	30,3	30,6
Humedad Relativa	57,0	58,0

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 2 999,6 g para una carga de 3 000,0 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrología Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 29 °C a 38 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**


INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1= 1 500,00 g			Carga L2= 3 000,00 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	1 500,0	0,06	-0,01	3 000,0	0,07	-0,02
2	1 500,0	0,08	-0,03	3 000,0	0,05	0,00
3	1 500,0	0,07	-0,02	3 000,0	0,08	-0,03
4	1 500,0	0,05	0,00	3 000,0	0,06	-0,01
5	1 500,0	0,09	-0,04	3 000,0	0,09	-0,04
6	1 500,0	0,06	-0,01	3 000,0	0,05	0,00
7	1 500,0	0,07	-0,02	3 000,0	0,08	-0,03
8	1 500,0	0,07	-0,02	3 000,0	0,06	-0,01
9	1 500,0	0,08	-0,03	3 000,0	0,09	-0,04
10	1 500,0	0,05	0,00	3 000,0	0,07	-0,02
Diferencia Máxima			0,04	0,04		
Error máximo permitido ±			0,2 g	± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

  
 Ing. Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

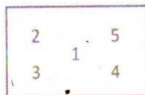


**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1105-2023

Página: 3 de 3



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>o</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	1,00	1,0	0,06	-0,01	1 000,00	1 000,0	0,07	-0,02	-0,01
2		1,0	0,08	-0,03		1 000,0	0,05	0,00	0,03
3		1,0	0,05	0,00		1 000,1	0,08	0,07	0,07
4		1,0	0,06	-0,01		1 000,0	0,09	-0,04	-0,03
5		1,0	0,07	-0,02		1 000,0	0,05	0,00	0,02

Temp. (°C)    Inicial    Final  
 30,3                    30,3

Error máximo permitido : ± 0,2 g

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1,00	1,0	0,07	-0,02						
5,00	5,0	0,09	-0,04	-0,02	5,0	0,08	-0,03	-0,01	0,1
20,00	20,0	0,05	0,00	0,02	20,0	0,05	0,00	0,02	0,1
100,00	100,0	0,08	-0,03	-0,01	100,0	0,07	-0,02	0,00	0,1
500,00	500,0	0,06	-0,01	0,01	500,0	0,06	-0,01	0,01	0,1
700,00	700,0	0,07	-0,02	0,00	700,0	0,08	-0,03	-0,01	0,2
1 000,00	1 000,0	0,09	-0,04	-0,02	1 000,0	0,07	-0,02	0,00	0,2
1 500,00	1 500,0	0,06	-0,01	0,01	1 500,0	0,05	0,00	0,02	0,2
2 000,00	2 000,0	0,08	-0,03	-0,01	2 000,0	0,09	-0,04	-0,02	0,2
2 500,00	2 500,0	0,05	0,00	0,02	2 500,0	0,06	-0,01	0,01	0,3
3 000,00	3 000,0	0,07	-0,02	0,00	3 000,0	0,07	-0,02	0,00	0,3

e.m.p. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,86 \times 10^{-6} \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,92 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,32 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>o</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Yan Saucedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1106-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 351-2023  
 Fecha de Emisión : 2023-10-24

1. Solicitante : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
 Dirección : JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN

2. Instrumento de Medición : BALANZA  
 Marca : T-SCALE  
 Modelo : T28-15-D  
 Número de Serie : 02402049016  
 Alcance de Indicación : 15 kg  
 División de Escala de Verificación ( e ) : 1 g  
 División de Escala Real ( d ) : 1 g  
 Procedencia : NO INDICA  
 Identificación : EQ-09  
 Tipo : ELECTRÓNICA  
 Ubicación : LABORATORIO  
 Fecha de Calibración : 2023-10-20

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

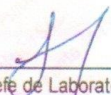
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

  
Juan Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1106-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Minima	Máxima
Temperatura	34,5	35,9
Humedad Relativa	42,0	43,0

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0776-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0777-2023

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 14,995 kg para una carga de 15,000 kg

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 29 °C a 38 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOS	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	34,5			35,9		
	Carga L1= 7,5000 kg			Carga L2= 15,0000 kg		
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	7,500	0,7	-0,2	15,000	0,6	-0,1
2	7,500	0,5	0,0	15,000	0,5	0,0
3	7,500	0,8	-0,3	15,000	0,8	-0,3
4	7,500	0,9	-0,4	15,000	0,6	-0,1
5	7,500	0,6	-0,1	15,000	0,9	-0,4
6	7,500	0,6	-0,1	15,000	0,5	0,0
7	7,500	0,8	-0,3	15,000	0,6	-0,1
8	7,500	0,5	0,0	15,000	0,7	-0,2
9	7,500	0,7	-0,2	15,000	0,5	0,0
10	7,500	0,6	-0,1	15,000	0,8	-0,3
Diferencia Máxima			0,4			0,4
Error máximo permitido	±		2 g	±		2 g



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

*[Firma]*  
 Ing. Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com





**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1106-2023  
 Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l (kg)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (kg)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,0100	0,010	0,7	-0,2	5,0000	5,000	0,6	-0,1	0,1
2		0,010	0,8	-0,3		5,000	0,8	-0,3	0,0
3		0,010	0,5	0,0		5,000	0,5	0,0	0,0
4		0,010	0,6	-0,1		5,000	0,7	-0,2	-0,1
5		0,010	0,9	-0,4		5,000	0,9	-0,4	0,0
Error máximo permitido: ±									2 g

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,0100	0,010	0,6	-0,1						
0,0500	0,050	0,8	-0,3	-0,2	0,050	0,9	-0,4	-0,3	1
0,2000	0,200	0,5	0,0	0,1	0,200	0,7	-0,2	-0,1	1
0,5000	0,500	0,6	-0,1	0,0	0,500	0,6	-0,1	0,0	1
1,0000	1,000	0,9	-0,4	-0,3	1,000	0,8	-0,3	-0,2	1
2,0000	2,000	0,5	0,0	0,1	2,000	0,5	0,0	0,1	1
5,0000	5,000	0,8	-0,3	-0,2	5,000	0,7	-0,2	-0,1	1
7,0000	7,000	0,6	-0,1	0,0	7,000	0,5	0,0	0,1	2
10,0000	10,000	0,5	0,0	0,1	9,999	0,1	-0,6	-0,5	2
12,0000	12,000	0,7	-0,2	-0,1	11,999	0,4	-0,9	-0,8	2
15,0000	14,999	0,2	-0,7	-0,6	14,999	0,2	-0,7	-0,6	2

e.m.p. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,75 \times 10^{-5} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{2,28 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 8,82 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

*Luis Loayza Capcha*  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1107-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 351-2023  
 Fecha de Emisión : 2023-10-24

**1. Solicitante** : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.

**Dirección** : JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA

**Marca** : T-SCALE

**Modelo** : T28-15-D

**Número de Serie** : 02402049013

**Alcance de Indicación** : 15 kg

**División de Escala de Verificación ( e )** : 1 g

**División de Escala Real ( d )** : 1 g

**Procedencia** : NO INDICA

**Identificación** : EQ-08

**Tipo** : ELECTRÓNICA

**Ubicación** : LABORATORIO

**Fecha de Calibración** : 2023-10-20

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

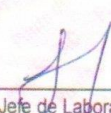
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

  
Ingrid Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1107-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	32,4	34,4
Humedad Relativa	48,0	50,0

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0776-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0777-2023

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 14,996 kg para una carga de 15,000 kg

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 29 °C a 38 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Carga L1= 7,5000 kg			Carga L2= 15,0000 kg		
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	7,500	0,7	-0,2	15,000	0,6	-0,1
2	7,501	0,5	1,0	15,000	0,6	-0,1
3	7,500	0,8	-0,3	15,000	0,8	-0,3
4	7,501	0,6	0,9	15,000	0,7	-0,2
5	7,500	0,5	0,0	15,000	0,5	0,0
6	7,500	0,7	-0,2	15,000	0,9	-0,4
7	7,501	0,8	0,7	15,000	0,7	-0,2
8	7,500	0,5	0,0	15,000	0,5	0,0
9	7,501	0,7	0,8	15,000	0,8	-0,3
10	7,501	0,5	1,0	15,000	0,5	0,0
Diferencia Máxima			1,3	0,4		
Error máximo permitido ±			2 g	± 2 g		



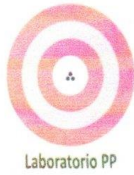
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Ingrid Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1107-2023  
 Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>s</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l (kg)	ΔL (g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga L (kg)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,0100	0,010	0,6	-0,1	5,0000	5,000	0,7	-0,2	-0,1
2		0,010	0,8	-0,3		5,000	0,8	-0,3	0,0
3		0,010	0,7	-0,2		5,000	0,5	0,0	0,2
4		0,010	0,5	0,0		5,001	0,6	0,9	0,9
5		0,010	0,9	-0,4		5,001	0,7	0,8	1,2

Temp. (°C)    Inicial    Final  
 34,4                      34,3

Error máximo permitido : ± 2 g

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,0100	0,010	0,7	-0,2						
0,0500	0,050	0,5	0,0	0,2	0,050	0,8	-0,3	-0,1	1
0,2000	0,200	0,9	-0,4	-0,2	0,200	0,6	-0,1	0,1	1
0,5000	0,500	0,6	-0,1	0,1	0,500	0,7	-0,2	0,0	1
1,0000	1,000	0,8	-0,3	-0,1	1,000	0,5	0,0	0,2	1
2,0000	2,000	0,6	-0,1	0,1	2,000	0,8	-0,3	-0,1	1
5,0000	5,000	0,7	-0,2	0,0	5,000	0,7	-0,2	0,0	1
7,0000	7,000	0,5	0,0	0,2	7,000	0,6	-0,1	0,1	2
10,0000	10,000	0,8	-0,3	-0,1	10,000	0,5	0,0	0,2	2
12,0000	12,000	0,6	-0,1	0,1	12,000	0,7	-0,2	0,0	2
15,0000	14,999	0,3	-0,8	-0,6	14,999	0,3	-0,8	-0,6	2

Temp. (°C)    Inicial    Final  
 34,3                      34,2

e.m.p. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 8,89 \times 10^{-9} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{4,79 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 7,83 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>o</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

*[Firma]*  
 Ing. Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1108-2023**

Página: 1 de 3

Expediente : 351-2023  
Fecha de Emisión : 2023-10-24

**1. Solicitante** : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.

Dirección : JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA

Marca : T-SCALE

Modelo : QHW-30

Número de Serie : 104507062013

Alcance de Indicación : 30 kg

División de Escala de Verificación ( e ) : 1 g

División de Escala Real ( d ) : 1 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : EQ-05

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2023-10-20

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.  
JR. JUANJUI NRO. 140 SAN MARTIN - TARAPOTO - SAN MARTIN



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

  
Ingrid Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DEL PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1108-2023

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	30,7	32,2
Humedad Relativa	54,0	56,0

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-052-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0776-2023
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0777-2023

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29,990 kg para una carga de 30,000 kg

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

De acuerdo con lo indicado por el cliente, la temperatura local varía de 29 °C a 38 °C.

La incertidumbre reportada en el presente certificado de calibración no incluye la contribución a la incertidumbre por deriva de la balanza.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 30,7			Final 31,3		
	Carga L1= 15,0000 kg			Carga L2= 30,0000 kg		
	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,6	-0,1
2	15,000	0,5	0,0	30,000	0,7	-0,2
3	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,5	0,0
4	15,000	0,6	-0,1	29,999	0,7	-1,2
5	15,000	0,9	-0,4	29,999	0,8	-1,3
6	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,9	-0,4
7	15,000	0,5	0,0	30,000	0,6	-0,1
8	15,000	0,7	-0,2	29,999	0,5	-1,0
9	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,7	-0,2
10	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,5	0,0
Diferencia Máxima	0,4			1,3		
Error máximo permitido	± 2 g			± 3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Inés Saavedra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-1108-2023  
 Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>s</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l (kg)	ΔL (g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga L (kg)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	0,0100	0,010	0,7	-0,2	10,0000	10,000	0,5	0,0	0,2
2		0,010	0,5	0,0		10,000	0,7	-0,2	-0,2
3		0,010	0,8	-0,3		10,000	0,6	-0,1	0,2
4		0,010	0,6	-0,1		10,000	0,5	0,0	0,1
5		0,010	0,5	0,0		10,001	0,9	0,6	0,6

Temp. (°C)      Inicial      Final  
 31,3      31,9

Error máximo permitido: ± 2 g

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
0,0100	0,010	0,7	-0,2						
0,0500	0,050	0,6	-0,1	0,1	0,050	0,5	0,0	0,2	1
0,5000	0,500	0,7	-0,2	0,0	0,500	0,8	-0,3	-0,1	1
2,0000	2,000	0,7	-0,2	0,0	2,000	0,7	-0,2	0,0	1
5,0000	5,000	0,5	0,0	0,2	5,000	0,5	0,0	0,2	1
7,0000	7,000	0,8	-0,3	-0,1	7,000	0,9	-0,4	-0,2	2
10,0000	10,000	0,6	-0,1	0,1	10,000	0,6	-0,1	0,1	2
15,0000	14,999	0,2	-0,7	-0,5	15,000	0,8	-0,3	-0,1	2
20,0000	19,999	0,3	-0,8	-0,6	20,000	0,7	-0,2	0,0	2
25,0000	24,999	0,1	-0,6	-0,4	24,999	0,2	-0,7	-0,5	3
30,0000	29,999	0,4	-0,9	-0,7	29,999	0,4	-0,9	-0,7	3

e.m.p. error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,90 \times 10^{-9} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4,59 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 8,76 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza      ΔL: Carga Incrementada      E: Error encontrado      E<sub>p</sub>: Error en cero      E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Sandra Rengifo  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-843-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 351-2023  
Fecha de emisión : 2023-10-23

1. Solicitante : GEO & LITO AMAZONICO E.I.R.L.

Dirección : JR. JUANJUI NRO. 140 - TARAPOTO - SAN MARTIN

2. Equipo : SPEEDY

3. Instrumento de Medición : MANÓMETRO DE DETERMINADOR DE HUMEDAD

Alcance de Escala : 0 % H a 20 % H  
División de Escala : 0,2 % H  
Clase de Exactitud : NO INDICA  
Marca de Manómetro : FORNEY  
Modelo de Manómetro : LA-3405-26  
Tipo de Manómetro : D/2  
Serie de Manómetro : K22-084  
Posición de Trabajo : HORIZONTAL

Marca de Botella : KAIZACORP  
Modelo de Botella : NO INDICA  
Serie de Botella : 1015  
Material de Botella : ALUMINIO  
Código de Identificación : EQ-11

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision 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.

4. Lugar y fecha de Calibración  
JR. JUANJUI NRO. 140 - TARAPOTO - SAN MARTIN  
20 - OCTUBRE - 2023

5. Método de Calibración  
Calibración por comparación empleando manómetro certificado.

#### 6. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
MANOVACUÓMETRO	ADDITEL	PR23-C-0108-2023	INACAL - DM

#### 7. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	33,3	33,4
Humedad %	56	56

#### 8. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Jhony Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 113505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com





# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-843-2023

Página : 2 de 2


## Resultados

LECTURA DEL MANÓMETRO DEL SPEEDY	LECTURA DEL PATRÓN	CORRECCIÓN
% Humedad	% Humedad	% Humedad
1	0,0	-1,0
2	1,2	-0,8
3	2,2	-0,8
4	3,2	-0,8
5	4,2	-0,8
6	5,2	-0,8
7	6,2	-0,8
8	7,2	-0,8
9	8,0	-1,0
10	9,2	-0,8
11	10,2	-0,8
12	11,2	-0,8
13	12,0	-1,0
14	13,0	-1,0
15	14,0	-1,0
16	15,0	-1,0
17	16,0	-1,0
18	17,0	-1,0
19	18,0	-1,0
20	19,0	-1,0

LA HUMEDAD CONVENCIONAL VERDADERA (HCV) RESULTA DE LA RELACIÓN  
 $HCV = \text{INDICACIÓN DEL MANÓMETRO DE SPEEDY} + \text{CORRECCIÓN}$

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

  
Ing. Saavedra Rengifo  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 118505

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com