



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca
volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos
flexibles, Puno, 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Condori Arrazola, David Salmest (orcid.org/0000-0003-4366-2357)

Ccama Mendoza, Gilmar Juan (orcid.org/0000-0003-3863-3965)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico y empleo emprendimiento

CALLAO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres, Leonidas Ccama Pari y Lidia Mendoza Samo que durante mi formación profesional estuvieron apoyándome y alentándome, siendo el pilar fundamental para cumplir una de mis metas más anheladas en mi ámbito profesional.

A mi hermana Mirian Lisbet por apoyarme, confiar en mí, por darme seguridad, confianza y brindarme su apoyo incondicional.

Gilmar Juan Ccama Mendoza

Dedico con mucho cariño y afecto a Dios por darme sabiduría e inteligencia y a mis queridos padres, Orlando L. Condori Ccosi y Juana Arrazola Arpasi, gracias a su amor, esfuerzo y sacrificio que me brindaron e inculcarme valores y creer en que podía lograr grandes resultados.

A mi querida hermana Yesenia y su esposo Félix y mi sobrino Genner Schmidt, por el apoyo incondicional en todo momento, poder cumplir esta meta anhelada.

David Salmest Condori Arrazola

AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos bendecido con la oportunidad de desarrollar nuestra tesis, por la fortaleza y sabiduría que nos otorga día a día en este proceso de aprendizaje intelectual, con gran éxito haberlo culminado y ser mejores profesionales. A nuestros padres, quienes nos apoyaron motivándonos a ser mejores que ellos, y por los impulsos de superación que nos alientan a dar lo mejor de nosotros.

Nuestro profundo agradecimiento al Mgtr. Ing. Sleyther Arturo de la Cruz Vega, por brindarnos la orientación, durante todo el proceso, quien con su conocimiento y colaboración permitió desarrollar nuestra tesis y sobre todo por su circunspección académica y con la seriedad, nutrió, perfiló y refinó todos los alcances de la presente tesis.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis Completa titulada: "Estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles, Puno, 2023", cuyos autores son CONDORI ARRAZOLA DAVID SALMEST, CCAMA MENDOZA GILMAR JUAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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 Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 20 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 20-12-2023 11:25:02

Código documento Trilce: TRI - 0702352



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CCAMA MENDOZA GILMAR JUAN, CONDORI ARRAZOLA DAVID SALMEST estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles, Puno, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
CONDORI ARRAZOLA DAVID SALMEST DNI: 72280678 ORCID: 0000-0003-4366-2357	Firmado electrónicamente por: DACONDORIAR el 20-12-2023 14:50:44
CCAMA MENDOZA GILMAR JUAN DNI: 73380967 ORCID: 0000-0003-3863-3965	Firmado electrónicamente por: GICCAMAME el 20-12-2023 13:57:36

Código documento Trilce: INV - 1396705

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÌNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÌNDICE DE TABLAS.....	viii
ÌNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- MARCO TEORICO.....	5
III.- METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y Operacionalización.....	19
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV.- RESULTADOS.....	25
V.- DISCUSIÓN.....	34
VI.- CONCLUSIONES.....	35
VII.- RECOMENDACIONES.....	36

REFERENCIAS.....	37
ANEXO 01: FICHAS DE ENSAYOS.....	46
ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de Calicatas de acuerdo al tipo de Carretera.....	12
Tabla 2 Clasificación de suelos de acuerdo a norma ASTM D3282.....	14
Tabla 3 Cantidad de Ensayos CBR de acuerdo a Tipo de Carretera	15
Tabla 4 Clasificación de Subrasante de acuerdo a su CBR.....	16
Tabla 5 Composición elemental del suelo natural por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva.....	25
Tabla 6 Composición en óxidos del suelo natural por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva.....	25
Tabla 7 Composición elemental de la roca volcánica triturada por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva.....	26
Tabla 8 Composición en óxidos de la roca volcánica triturada por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva.....	26
Tabla 9 Gradación de muestras de ensayo MTC E 207	27
Tabla 10 Tabla de cargas ensayo MTC E 207	27
Tabla 11 Muestra Total por Gradación A de acuerdo a MTC E 207	28
Tabla 12 Granulometría Pre y Post Ensayo de Abrasión	28
Tabla 13 Resultados Finales de Ensayo de Abrasión.....	29
Tabla 14 Proctor modificado del suelo natural	30
Tabla 15 Proctor modificado adición de 10%	31
Tabla 16 Resultados de proctor modificado agregando 0% y 10% de RV.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Especificaciones de máquina de Los Ángeles según MTC E207.....	17
Figura 2 Granulometría de la abrasión de los angeles.....	29
Figura 3 Curva proctor del suelo natural	31
Figura 4 Curva Proctor de adición de 10%	32
Figura 5 Histograma de resultados de densidad máxima seca	33
Figura 6 Histograma de resultados de optimo contenido de humedad	33
Figura 7. Tramo de Avenida Industrial de la carretera no pavimentada, en la progresiva km 2+053 en poste kilometraje.	52
Figura 8. Presencia de la vía de estudio en condición deterioro Progresiva km 0+000 (Calicata N°01).....	52
Figura 9. Zona señalización para la realización de calicata N°02, km 1+000	52
Figura 10. Zona señalización para la realización de calicata N°02, km 1+000	52
Figura 11. Extracción de muestra en la Av. Industrial (Calicata N° 02) de la progresiva km1+000.	52
Figura 12. Afloramiento de rocas volcánicas ígneas, de la cantera de Cancharani Puno. 52	
Figura 13. Secado de muestra de la sub rasante suelos finos extraídos de las calicatas 53	
Figura 14. Proctor de 2% de humedad con muestra natural.....	53
Figura 15. Proctor de 4% de humedad con muestra natural.....	53
Figura 16. Proctor de 6% de humedad con muestra natural.....	53
Figura 17. Proctor de 8% de humedad con muestra natural.....	53
Figura 18. Muestra de roca para abrasión de los Ángeles.	53
Figura 19. Máquina de abrasión de Los Ángeles.....	54
Figura 20. Cargas de acero, para ensayo de abrasión.	54
Figura 21. Mezcla de roca con suelo natural.	54
Figura 22. Mezcla homogénea de suelo con roca.	54
Figura 23. Proctor modificado de la adición.....	54
Figura 24. Proctor modificado de muestra adicionada.....	54

RESUMEN

El objetivo general es determinar el comportamiento de la subrasante cuando se incorpora roca volcánica granulada para estabilizar los suelos finos en pavimentos flexibles, Puno, 2023. La muestra es de 3 calicatas en toda la distancia de la vía urbana, las cuales serán de las siguientes progresivas de km 0+000, km1+000 y km 2+053; cada calicata tendrá la dimensión de 1.00m x 1.00m con una profundidad no mayor a 1.50m para realizar el perfil estratigráfico. Las conclusiones muestran que gracias a la incorporación de la mezcla roca volcánica granulada a nivel de la subrasante en pavimentos flexibles, incrementa significativamente la calidad de compactación de los suelos finos, Puno 2023. En el ensayo de Proctor modificado del suelo natural muestra una densidad máxima seca de 1.850 gr/cm³ y una óptima humedad de 6%. La adición de 10% de roca volcánica mediante Proctor obtiene una densidad máxima seca de 2.170 gr/cm³ y una óptima humedad de 11%.

Palabras clave: roca, volcánica, Proctor, granulada.

ABSTRACT

The general objective is: to determine the behavior of the subgrade when granulated volcanic rock is incorporated to stabilize fine soils in flexible pavements Puno, 2023. The sample will be 3 pits throughout the distance of the urban road, which will be of the following progressive of km 0+000, km1+000 and km 2+053, each pit will have the dimension of 1.00m x 1.00m with a depth not greater than 1.50m to carry out the stratigraphic profile. The conclusions show that the incorporation of the granulated volcanic rock mixture at the subgrade level in flexible pavements significantly increases the compaction quality of fine soils, Puno 2023. In the modified Proctor test of natural soil, it shows a maximum dry density of 1,850 gr/cm³ and an optimal humidity of 6%. The addition of 10% volcanic rock using Proctor obtains a maximum dry density of 2,170 gr/cm³ and an optimum humidity of 11%.

Keywords: rock, volcanic, Proctor, granulated.

I.- INTRODUCCIÓN

Los suelos subrasantes son un componente fundamental en la construcción de infraestructuras viales, como carreteras y ferrocarriles. Estos suelos, que se encuentran debajo de la capa de pavimento, son responsables de soportar la carga de las estructuras y transmitir las cargas al subsuelo de manera adecuada. Una adecuada caracterización y compactación del subsuelo es fundamental para asegurar la durabilidad y estabilidad de las vías de transporte. Además, la evaluación de las propiedades geotécnicas de los suelos, como la capacidad de portante, el contenido de humedad, la expansión y la contracción, es crucial para la planificación y construcción de caminos seguros y eficientes. Los estudios geotécnicos, análisis y pruebas en suelos subrasantes permiten comprender su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y ambientales, lo que contribuye a la optimización del diseño de las infraestructuras viales.

Esta investigación estará orientada a proponer una solución técnica a la problemática vinculada a la estabilización de la subrasante en Puno, en la medida que se observan dificultades en el tránsito vehicular en tanto la distribución de cargas es inadecuada precisamente por la débil consistencia del suelo. En tal sentido, en los procesos de ingeniería civil se plantean el uso de diversos materiales orgánicos y químicos que permitan realizar procesos de ingeniería civil relativos a la identificación de las características de los terrenos que no garantizan la estabilidad y durabilidad de las vías por el comportamiento de las subrasantes (Pajsi & Torres, 2022).

En el Perú, existen diversos tipos de suelos que no permiten una transitabilidad adecuada porque presentan una débil capacidad de resistencia, permeabilidad y su durabilidad es muy corta, lo cual genera altos costos de mantenimiento anuales. En tal sentido, se hace necesario proponer soluciones técnicas orientadas a fortalecer la capacidad portante de la subrasante lo que permitirá fortalecer la consistencia de la misma, a partir de la distribución de cargas de manera uniforme. el suelo en la sección designada para este estudio no tiene una buena capacidad portante porque es fino y tiene materias orgánicas (Escobar et al., 2020).

La región Puno se ubica en el tercer lugar respecto de las pistas nacionales, seguida de Cusco y Arequipa, en tanto supera los 5 mil kilómetros y tiene vías de acceso muy inestables lo que implica ejecutar en diversos periodos procesos de mantenimiento que muchas veces son costosos, porque no se ha tenido en cuenta las características de la subrasante o en el mejor de los casos, no se ha realizado un estudio de suelos en correspondencia con las especificaciones técnicas. La estabilización de suelos con tecnologías innovadoras significa una solución correcta y adecuada para las pistas y vías de acceso en esta ciudad (Mamani, 2019).

En ese orden de ideas, nos permitimos formular los siguientes problemas: como problema general, ¿Cuál es el comportamiento de la estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles, Puno, 2023?; y específicos, ¿Cuál es la composición mineralógica de la roca volcánica en la estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles, Puno, 2023?, ¿Cuál es la abrasión de los ángeles, de la mezcla roca volcánica granulada a nivel subrasante en pavimentos flexibles, Puno 2023? y ¿Cuál es el Proctor modificado de la estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles, Puno, 2023?.

Desde el punto de vista socialmente, el estudio se justifica porque beneficiará de forma directa a conductores, peatones, ingenieros, técnicos y sociedad en general en tanto implica un tratamiento innovador respecto de la estabilización de subrasante utilizando roca volcánica granulada para incorporarla a la mezcla de los pavimentos flexibles de la ciudad de Puno, 2023. De forma que se fortalezca la consistencia de la superficie asfáltica y se eviten gastos respecto de los mantenimientos periódicos por la desestabilización de los niveles de la subrasante.

La justificación práctica incluye probar el impacto de la roca volcánica granulada en la mejora de los suelos en pavimentos flexibles de Puno considerando los diferentes

ensayos que se ejecutaran en el laboratorio para determinar los porcentajes del aditivo mencionado. En tal sentido, se comprobará las ventajas y beneficios de este material para optimizar la capacidad admisible de la subrasante, en relación a la presión de cargas laterales y frontales implicada en el tránsito vehicular que diariamente se lleva a cabo en esta vía.

Con respecto a la justificación ambiental, el estudio está orientado a contribuir con la mejora del medio ambiente y ecosistema de manera sostenible en la medida que se utilizara un aditivo natural, como es la roca volcánica granulada. Este aditivo, además de estar conformado por elementos naturales, no tendrán un impacto negativo.

De manera técnica, el estudio se justifica porque es una propuesta de solución técnica respecto de la problemática implicada en las subrasantes inestables que corresponde a los pavimentos flexibles de la ciudad de Puno, 2023. Es decir, se aplicarán los principios establecidos en las normas técnicas para la construcción y rehabilitación de pavimentos flexibles en los cuales se visualizan la inestabilidad de las subrasantes.

El estudio radica en que se considerarán las teorías, conceptos y principios de la investigación metodológica, con la finalidad de explicar la problemática de suelos inestables, porque la influencia de la humedad y la poca resistencia de los suelos finos afectan a los subsuelos correspondientes.

Se busca como objetivo general es determinar el comportamiento de la subrasante cuando se incorpora roca volcánica granulada para estabilizar los suelos finos en pavimentos flexibles Puno, 2023, y como específicos determinar la composición mineralógica de la roca volcánica granulada que se incorpora a la mezcla para estabilizar los suelos finos a nivel de subrasante en pavimentos flexibles Puno, 2023, determinar la abrasión de los ángeles, de la mezcla roca volcánica granulada a nivel subrasante en pavimentos flexibles, Puno 2023 e identificar los parámetros

del Proctor cuando se incorpora a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de la subrasante en pavimentos flexibles Puno 2023.

En lo que corresponde a las hipótesis, tenemos como hipótesis general: La incorporación de roca volcánica granulada optimizará el comportamiento de la subrasante, estabilizando los suelos finos en pavimentos flexible Puno 2023, y como específicas, la composición mineralógica de la roca volcánica granulada es óptima para estabilizar los suelos finos a nivel de subrasante en pavimentos flexibles Puno 2023, la abrasión de los ángeles, de la mezcla roca volcánica granulada a nivel subrasante en pavimentos flexibles, Puno 2023 está en el rango normal y al incorporar a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de la subrasante en pavimentos flexibles, se incrementa significativamente la calidad de compactación de los suelos finos, Puno 2023.

II.- MARCO TEÓRICO

Castro (2020) en su tesis, con el objetivo de incrementar la roca volcánica basalto en la subrasante dentro su área de estudio. se concluyó que incorporando roca basalto en un promedio de 55% incrementa su capacidad de resistencia. Asimismo, se incrementa su vida porque se mejora su consistencia en la medida en que fortalece la subrasante. Se necesita un mecanismo de trituración y molienda para realizar el análisis de equivalentes de arena y basalto, debido a que el tamaño de trituración de la roca ígnea es mayor a 4". Por lo tanto, la roca debe triturarse en el laboratorio para cambiar su tamaño de grano y proceder con las pruebas de límite y arena equivalente. Según la dureza, el basalto sigue la resistencia de los Ángeles en las tres dosis con el recebo. Los resultados están por debajo del 50% de lo especificado en ART 320, que es la especificación de dureza

Ruano (2012) en su estudio, con el propósito de evaluar la mejora de las subrasantes adicionando arenas volcánicas y cal. El estudio fue teórico, con nivel descriptivo y diseño experimental. Se demostró que los materiales de origen volcánico tienen un gran impacto en la consolidación de subrasante en suelos finos Así mismo, el uso de cal viva es un material que también ayuda a la consolidación de suelos. Se concluyó que el uso de cal viva y material volcánico permite estabilizar las subrasantes de forma significativa, otorgando a la superficie del suelo mayor estabilidad y mejor gestión de los niveles de humedad, porque

Las propiedades de la arena volcánica utilizada en el estudio proporcionan propiedades positivas para la estabilización del suelo, y esta mina se ha utilizado con éxito en diversos campos de la construcción, como la fundición de hormigón y la producción de elementos de hormigón. Además, la cal apagada tiene un precio de mercado más bajo en comparación con la cal apagada, y se ha descubierto que su uso es muy eficaz para estabilizar. Por otro lado, la costa donde se encuentran las arenas estabilizadoras está bien ubicada, ya que Guatemala está a sólo 26 km y a 22 km de playas de arena azul. dejar. Carretera a la ciudad capital de Agua Caliente camino al Océano Atlántico.

Mora et al. (2013) en su investigación, con el objetivo de establecer en qué medida el empleo de nano partículas de sílice contribuye con la estabilización se suelos finos. El estudio fue básico. Su muestra de tres lechos de arena y otro lecho conformado por nano partículas de sílice. Se concluyó que este material permite estabilizar la subrasante por su alta capacidad de absorción a la humedad y porque mejora los parámetros de CBR, superando los límites establecidos por las especificaciones técnicas.

Se diseñó un experimento para evaluar el transporte de partículas finas en lechos absorbentes tratados con agua, aceite y nanopartículas. Se descubrió que la capa que contenía perlas de vidrio sin nanopartículas no mostraba adsorción, mientras que las arenas humectables con agua y aceite sí la presentaban. Las formaciones mojadas por petróleo tienen una mayor afinidad por los finos que las formaciones mojadas por agua causadas por asfáltenos precipitados con arena. La modificación de la capa con nanopartículas de sílice parece prevenir y estabilizar el daño durante la migración de partículas finas. Las pruebas estáticas de lechos empacados muestran que la capacidad de adsorción de las nanopartículas es el principal factor en la retención de los finos introducidos, y la curva de fractura determina el volumen de poros en el que el lecho alcanza la saturación, de modo que no se produce retención y los finos no se saturan. estabilizado.

Moreno (2018) desarrolló una investigación, con el objetivo de demostrar la estabilización de suelos arcillosos utilizando residuos de construcción y demolición. El estudio fue básico con alcance descriptivo. Tuvo muestra de cuatro patrones de agregados reciclados conformados por partículas de construcción y demolición. Se demostró que agregando 25% de los materiales de demolición y construcción es posible mejorar la resistencia de los suelos finos. Por otra parte, también se verificó los beneficios del costo porque su material barato y de fácil acceso. Además, La caracterización mineralógica por DRX mostró que los minerales presentes en los áridos reciclados analizados eran feldespato, cristobalita y piroxeno (minerales silíceos) correspondientes a los áridos originales, así como cantidades variables de calcita (CaCO_3), producto carbonizado. A estos agregados se adhirió la pasta de cemento y en menor medida hemicarboaluminato de calcio, rosenhahnita y

tobermorita, fases que también forman la matriz de unión. La caracterización química por EDS y XRF indica que solo el Ca varía significativamente en todas las muestras dependiendo de la diferente cantidad de pasta de cemento adherida a los agregados. Así, desde un punto de vista químico-mineralógico, se puede afirmar que los áridos reciclados tienen una composición característica de su origen magmático, que se ve enriquecida en calcio por la cantidad de mortero de cemento. Se encontró que la calidad del concreto original (cantidad de cemento) tiene una gran influencia en la granulometría y composición químico-mineralógica de los agregados reciclados, debido a que a estos agregados se les une diferente cantidad y calidad de masa de cemento dependiendo de su tamaño.

Gavilanes (2015) con investigación concluyendo que el índice de plasticidad disminuye significativamente cuando aumenta el porcentaje de cemento; lo que provoca un ligero aumento del límite plástico y disminuye el límite líquido. Y que el uso de cemento para estabilizar el suelo es ventajoso porque con la dimensión de capa de rodadura reduce su espesor de la estructura, ya sea concreto rígido o pavimento flexible, en comparación con su estado natural disminuyendo los costos de construcción.

Huamán (2021) en su tesis, con el objetivo de determinar en qué medida la adición de roca basalto incide a la construcción de pavimentos flexibles para mejorar la subrasante. La investigación fue básica, con diseño descriptivo experimental, enfoque cuantitativo. De acuerdo con los resultados, se utilizaron cinco dosificaciones de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%. Se concluyó que agregando 30% de roca basalto se logra un suelo de alta calidad con resistencia a las cargas, en la medida en que se fortalece la consistencia de la subrasante, se mejora la vida útil del pavimento y se gestiona de manera adecuada la humedad.

Blanco, (2018). en su tesis, con el objetivo de identificar el comportamiento mecánico de la subrasante con emulsiones asfálticas en pavimentos flexibles. El estudio fue básico. La mezcla estuvo conformada por cuatro calicatas y de acuerdo a los resultados se concluyó que, al utilizar la estabilización con emulsiones asfálticas, se beneficia el medio ambiente y se mejora la vida útil del pavimento, se

evita el incremento de humedad y los índices de plasticidad son los que mejor corresponden a las especificaciones técnicas en construcción de pavimentos flexibles.

Ninanya (2021) en su estudio, el método científico se utiliza como método general. Su muestra fue 285 kg de suelo. El uso de tierra de diatomeas incrementó la estabilidad del subsuelo fino, se observaron mejoras del 3%, 6%, 9% y 12% del peso del suelo. sus propiedades físicas y mecánicas. 2. La tierra de diatomeas estabiliza las propiedades físicas finas del subsuelo, aumenta la consistencia), reduce el índice de plasticidad y la expansión. 3. La tierra de diatomeas estabiliza las características más importantes del suelo fino de base de carretera y reduce el contenido óptimo de agua.

Baldeón (2019) utilizó un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño experimental para realizar el estudio teórico y determinar el tamaño de partícula, el contenido de humedad (nativa), el límite de Atterberg y la prueba de Proctor modificada. Las investigaciones muestran que la arena de sílice tiene un efecto positivo en la estabilidad de las superficies de las carreteras, y las combinaciones de diferentes proporciones pueden mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las superficies de las carreteras y pueden utilizarse como alternativa a las superficies de carreteras de bajo rendimiento. La densidad seca máxima es baja. . Alto contenido de humedad y alto índice de plasticidad.

Ponce (2018) en su proyecto de tesis llegó a la conclusión de que la aplicación de cloruro de calcio no tiene un efecto significativo en suelos arcillosos, pero es más efectivo en suelos granulares, y el cloruro de calcio puede duplicar la CBR de referencia para este tipo de suelo.

Roca Volcánica, resultan del proceso de enfriamiento de una lava, que es un magma desgasificado o una roca solidificada en la superficie o cerca de ella. A diferencia de las rocas plutónicas, que se forman a mayor profundidad, las rocas volcánicas cristalizan completamente en la superficie o a poca profundidad, generando cristales visibles a simple vista, conocidos como fenocristales (>0,3 mm), durante el enfriamiento intratelúrico. La llegada a capas más frías de la

corteza detiene la cristalización, formando una matriz por un enfriamiento rápido, compuesta por vidrio, cristales microscópicos o ambos. Cuando hay fenocristales, se denomina textura afanítica porfirítica; si son abundantes, se llama porfirítica (pórfido u opofirita). Cuando son escasos, la textura es afanítica (afírica), y si el vidrio constituye la mayor parte, se llama vitrófido. Un ejemplo específico es la obsidiana, una roca de vidrio riolítico (Alvarado & Denyer, 2019, p.108).

Las Cenizas Volcánicas son materiales piroclásticos sin consolidar, emitidos por el cráter de un volcán durante una erupción volcánica. Consisten en pequeños fragmentos de lavas silíceas de grano fino, de color blanquecino, blandos, sueltos, deleznable y comprensibles. (Suarez y Urgiles, 2010). Cabe destacar que los piroclásticos son expulsados muy lejos del volcán y dependiendo de su tamaño se denominan como cenizas, escorias o bombas volcánicas.

El sustrato es el pavimento terminado a nivel de excavación. (MEF, 2015). Su conformación es variable y puede ser un material granular o pegajoso, pero si es defectuoso puede ser reemplazado por un material de elección o estandarizado para asegurar un comportamiento adecuado al transportar cargas de tráfico. El material puede ser estabilizado (Gongora, 2019).

Un Pavimento es un conjunto de capas formadas por materiales seleccionados capaces de absorber directamente las cargas del tráfico y distribuirlas a las capas inferiores, creando una superficie de carga eficaz. (Acevedo & Henao, 2017).

Los Pavimentos rígidos, son aquellos en los que las losas de hormigón hidráulico desempeñan un papel crucial al distribuir eficientemente las cargas vehiculares hacia las capas inferiores, reduciendo las deflexiones gracias a su rigidez. Aunque las deformaciones son prácticamente imperceptibles en los bordes y juntas, resultan fundamentales en el diseño general del pavimento. La incapacidad de adaptarse a deformaciones sin experimentar fallas estructurales influye en los cálculos que combinan el espesor y la resistencia del hormigón. Para prevenir problemas como el bombeo de finos hacia la superficie de rodamiento, se construye una subbase sobre la capa subrasante, asegurando la estabilidad y durabilidad del pavimento rígido (Miranda, 2010, p.9).

Los pavimentos semirrígidos, aunque similares en estructura básica a los pavimentos flexibles, se caracterizan por una sola capa de curado artificial utilizando aditivos. Estos aditivos están destinados a corregir el comportamiento de los materiales locales que no son adecuados para la capa de cobertura. Esta elección se hizo teniendo en cuenta el hecho de que la separación correcta del material puede aumentar su presupuesto. (Monsalve et al. 2012, p.22).

El Pavimento Flexible, está constituido por la superposición de capas que distribuyen las cargas que llegan a la sub rasante compuesto por una base granular, sub base, subrasante y el propio suelo. Cada capa tiene asignado operatividad como resistir las cargas, drenes de agua, administrar cambios de volumen (Huang, 2004). Entre las propiedades que todo pavimento flexible debe cumplir resalta la resistencia estructural para soportar cargas del tráfico que debe poseer y la capacidad de cumplir su ciclo de vida sin deterioro abrupto; asimismo, debe ser capaz de controlar deformaciones elásticas y plásticas, pues son críticas para evitar fallas estructurales. Además, se deben tener en consideración el drenaje y subdrenaje, los esfuerzos cortantes, aceleración, frenado y tensiones por deformación vertical que afectarán su integridad (Laura, 2019, p.5).

La Base Granular, corresponde a la capa conformada por arena material fino y material triturado que en combinación tienen la capacidad de resistir a las deformaciones y a las presiones altas. (Garnica, et al, 2002).

La Subbase es sometido a menores esfuerzos que la base, por cuanto está conformada por materiales granulares. (Finanzas, 2015)

La Subrasante es aquella que cumple funciones como recibir y soportar las cargas del tráfico, transmitiéndolas de manera adecuada a las capas inferiores del pavimento. También es fundamental evitar la contaminación de la capa de cobertura si el terraplén o el subsuelo natural es de material fino o arcilloso. Además, ayuda a evitar la propagación de defectos desde el corte hasta la capa de revestimiento, garantizando así un espesor de revestimiento constante. (Hernández et al. 2016, pp.13-14).

La Expansión de la subrasante, de acuerdo con Rico y Del castillo (2005, p. 38) Dado que están en contacto frecuente con las aguas subterráneas y superficiales y son muy susceptibles a los cambios volumétricos, el hinchamiento es una propiedad muy importante a considerar. Ante este problema surgieron diversas soluciones, destacando sobre todo el uso de cemento en proporciones variables.

La Deformabilidad de la subrasante, determina la buena capacidad portante del suelo y por lo tanto es un requisito previo para el rechazo o aceptación de los materiales de la subrasante. Las subestructuras altamente deformables requieren grandes espesores de capa que conforman la pavimento. Solo entonces la carga de tráfico se distribuirá correctamente. Por estas razones, los estudios que se realicen deberían tener en cuenta esta propiedad, dadas las implicaciones asociadas a la misma (Gomez de Santos, 2019).

El Suelo se compone de partículas mineralógicas, como suelo orgánico, agua y aire en diversas proporciones. Las partículas mineralógicas se nombran de diferente manera según su tamaño, la más grande serian grabadas, las intermedias arenas y limos, y las más pequeñas arcillas. La materia orgánica está formada por restos vegetales y animales de distinta composición, el agua y el aire son necesarios para el crecimiento de la flora y los organismos que viven en ellas. (Van, 2006)

La Compacidad del suelo, es un concepto vinculado con la deformabilidad, estabilidad y resistencia del suelo, que implica una propiedad relevante en la construcción de carreteras, porque el suelo debe quedar muy consolidado para evitar variaciones en la rasante (Bañon & Bevia, 2000).

La Estabilización, consiste en mejorar el comportamiento del suelo cambiando significativamente sus propiedades, lo que aumenta su durabilidad y estabilidad a largo plazo. (Bada, 2016, p.16). Esta mejora se logra a través de un proceso en el que una mezcla de dos o más materiales se considera un material superior y con mejores propiedades. (Rivera et al. 2020). Siguiendo esta línea de pensamiento, García (2022) menciona que los materiales utilizados en la mezcla deben ser preferentemente materiales de cantera.

Los Tipos de Estabilización de Suelos dependerán de múltiples factores, como el tipo de suelo, sus propiedades y su reacción a los diferentes métodos pues el grado de estabilización obtenido puede mostrar diferencias dentro de un método dado y también entre los diferentes métodos (Montejo et al. 2018).

Uno de los métodos mencionados es la estabilización mecánica del suelo, la cual implica la compresión estática o dinámica del suelo para aumentar la densidad y la resistencia mecánica, así como para reducir la porosidad y la permeabilidad de la muestra (Das, 2013). Por otro lado, la estabilización electrónica es considerado el proceso de estabilización del terreno mediante electroósmosis o pilotes electrometálicos (García, 2022). Finalmente, la estabilización química, es un proceso que se realiza mediante la adición de estabilizantes como cemento, cal, asfalto u otros productos químicos (Junco del Pino, 2011).

Para analizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de la plataforma, se realizarán pruebas de laboratorio mediante fosas de una profundidad mínima de 1,5 metros, las cuales serán longitudinales, alternas y con distancias adecuadas. Otras cosas. El número mínimo de baches por kilómetro se determina de acuerdo con la normativa del Ministerio de Transporte en la tabla 1 (2014).

Tabla 1 Número de Calicatas de acuerdo al tipo de Carretera

Tipo	Mínimo Calicata
Autopista	4 C x km en calzadas de 2 y 3 carriles por sentido. En el caso de existir 4 carriles son 6C x km.
Duales o Multicarril	4 C x km en calzadas de 2 y 3 carriles por sentido. En el caso de existir 4 carriles son 6 C c km.
1era Clase	4 calicatas cada 1 km
2da Clase	3 calicatas cada 1 km

Tercera Clase

2 C x 1 km

IMDA < 200 veh/día

1 C x 1 km

La Granulometría implica utilizar técnicas y métodos para precisar el tamaño de un conjunto de granos teniendo en cuenta que son fracciones de materia sólida o líquida (Salager, 2007); de esta manera, la muestra previamente determinada se distribuirá en función a los diferentes tamaños que presenten sus agregados (Toirác, 2012). Asimismo, con el fin de realizar la distribución de las partículas, Tahuiton (2010) refiere que se debe expresar de manera porcentual, con indicadores acumulados y de acuerdo al diámetro de las mallas que se emplean para medir dichas partículas. Finalmente, a través de este procedimiento, se puede obtener características y propiedades del comportamiento de los suelos por cuanto están constituidos por partículas minerales de diferentes formas, tamaños y texturas generadas por la desintegración o meteorización de la roca (Gabriels & Lobos, 2010).

La clasificación de suelos es un método para clasificar suelos minerales y organominerales en siete categorías según la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad medidos en laboratorio. Se utiliza cuando se requiere una clasificación precisa de las obras, especialmente en la construcción de carreteras. Cada grupo de suelo se evalúa mediante un índice de grupo calculado mediante una fórmula empírica (ASTM Internacional, 2016, p.1). Para ampliar la información, se presenta la tabla 2, en la que se exhibe la clasificación de los suelos conforme a AASHTO y ASTM (MTC, 2014, p.36).

Tabla 2 Clasificación de suelos de acuerdo a norma ASTM D3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 ^(a)	mín. 11 ^(a)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Exelente a bueno					Regular a insuficiente						

El Proctor Modificado consiste en compactar el suelo en un molde con un martillo; que se suelta desde una distancia con el fin de determinar la humedad óptima a la que se alcanza la máxima densidad (Chicaiza & Oña, 2018). Por otro lado, según la ASTM Internacional, implica la preparación de una muestra de suelo representativa. Mediante ensayos con diferentes contenidos de humedad, se determina el óptimo que resulta en la máxima densidad seca. La muestra se compacta en capas uniformes en un molde Proctor modificado, utilizando un martillo con energía específica. Posteriormente, se mide la densidad seca de la muestra compactada y se calcula la densidad seca máxima y la humedad óptima, ofreciendo datos cruciales para el diseño de estructuras (2007).

La densidad seca se considera la relación entre masa y volumen. Dado que la humedad del suelo puede variar, la densidad seca puede considerarse como un estándar para comparar suelos más o menos compactados con un determinado valor de densidad máxima. Un ejemplo típico es la evaluación de la compactación del suelo en una presa controlada comparando la densidad seca in situ con la densidad seca máxima obtenida en una prueba de referencia. (Quijano y Melo, 2020, p.13).

El contenido de agua (proporciones) se muestra como un porcentaje entre el agua (agua libre), que se encuentran en los agujeros en ciertos materiales y la calidad del material sólido. Esta masa se determina a la temperatura predeterminada de 110 ± 5 ° C (ASTM Internacional, 2019, p.3).

El CBR, de acuerdo a lo establecido por Araujo (2014), hace referencia al método empleado, para determinar la calidad que corresponde al suelo vinculado con subrasante de un pavimento, al momento de aplicarse una carga conectada a una superficie se genera dos tipos de resistencia, una perimetral y otra de compresión. El valor CBR indica un porcentaje de la carga unitaria patrón y para su determinación en comparación la piedra triturada (Osorio, 2011).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones nos brinda múltiples normativas a seguir en relación al CBR, la primera de ellas nos establece el número de ensayos de CBR recomendados de acuerdo al tipo de carretera que se desea evaluar y a la longitud en kilómetros de esta, presentados en la tabla 3. Asimismo, una vez determinado el valor del CBR referido al 95% de la densidad máxima seca, para cada sector con propiedades homogéneas, la categoría de subrasante a la que pertenece el sector o subtramo se clasifica de acuerdo a lo establecido en la tabla 4 (2014).

Tabla 3 Cantidad de Ensayos CBR de acuerdo a Tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Cantidad de ensayos CBR
Autopista	Un CBR x 1 km en calzadas de 2, 3 o 4 carril
Multicarril	Un CBR x 1 km en calzadas de 2, 3 o 4 carril por sentido.
1era Clase	Un CBR x 1 km
2da Clase	Un CBR x 1.5 km
3era Clase	Un CBR x 2 km

Tabla 4 Clasificación de Subrasante de acuerdo a su CBR

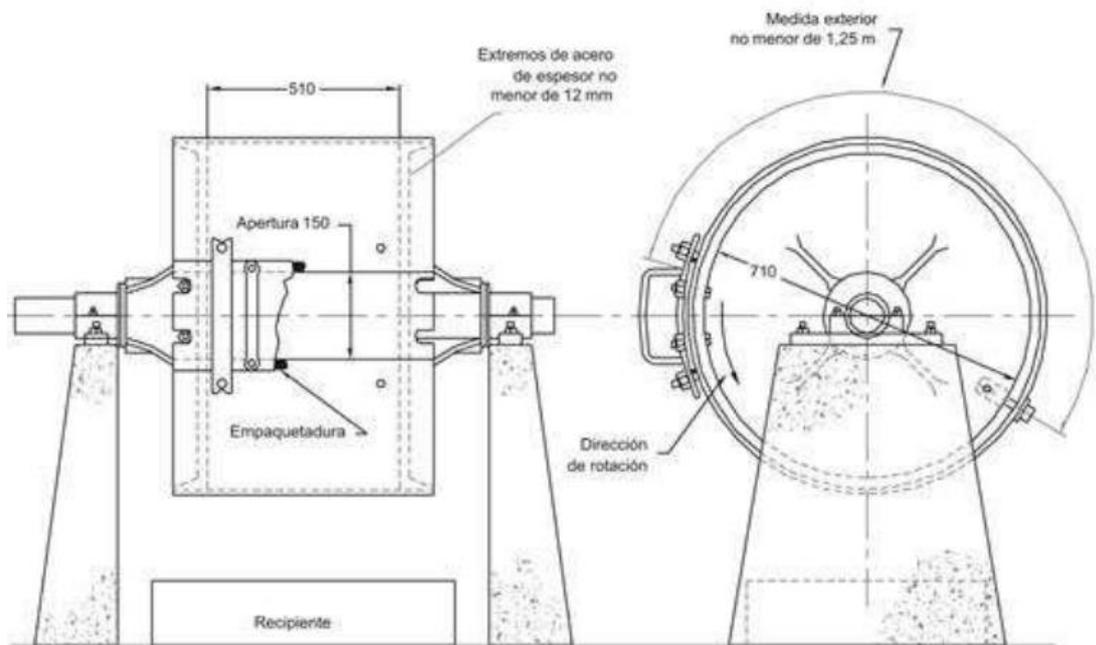
Clasificación	CBR
(S ₀)	CBR < 3%
(S ₁)	CBR >= 3%, < 6%
(S ₂)	CBR >= 6%, <10%
(S ₃)	CBR >= 10%, < 20%
(S ₄)	CBR >= 20%, <30%
(S ₅)	CBR >= 30%

De acuerdo a lo establecido por el ASTM Internacional (2007), el correcto procedimiento de ensayo de California Bearing Ratio implica en primer lugar la preparación de una muestra representativa de suelo compactada y saturada. Luego, un pistón penetrante se inserta sobre la muestra, al que se aplica una carga vertical a una velocidad definida, a raíz de esta se registran deformaciones y cargas durante el ensayo. El CBR se calcula dividiendo la carga unitaria a 0.1 pulgadas de deformación por la carga unitaria estándar. Finalmente, los resultados se presentan como un porcentaje de CBR, proporcionando información esencial sobre la capacidad de soporte del suelo. (pp. 5-6).

La técnica de rayos X, se emplea para identificar los elementos químicos en diversas muestras. Este método analítico de alta precisión se utiliza en campos como biología, medicina, control ambiental, geología y arte. Su ventaja radica en ser no destructivo en la mayoría de las aplicaciones y permitir una preparación sencilla de la muestra mediante la medición del espectro de la misma (Valentinuzzi, 2008, p.12).

La Abrasión, este método describe la forma de evaluar la resistencia con un tamaño superior a 2.5 mm (Quispe, 2023, p.11). Según MTC (2016) en la norma MTC E207, el equipo de los Ángeles debe consistir un volumen de acero cerrado, montado sobre ejes para rotar horizontalmente con una inclinación de hasta 1 en 100. Tiene una abertura para la muestra, cubierta hermética y una pestaña de acero removible que evita impactos cercanos a la abertura. La pestaña, firme y rígida, tiene un grosor de 25,4 mm y se ajusta para garantizar la seguridad. Su distancia mínima de 1 270 mm. Se requiere inspección regular.

Figura 1 Especificaciones de máquina de Los Ángeles según MTC E207



El apoyo del eje estará montado en pilares de hormigón u otros soportes rígidos.

Dimensiones en mm

At
Ve

III.- METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo:

Es aplicada por que busca realizar el aprovechamiento de los conocimientos adquiridos (Gabriel, 2017). Al realizar diagnósticos, investigaciones e innovaciones de acuerdo a los estándares técnicos peruanos que presenta, produce cambios pertinentes a los problemas presentados. (Delgado, 2021).

La investigación es aplicada porque posteriormente se determina la pregunta de investigación para conocer su problemática y formular una solución a través de sugerencias de mejora de su aplicación (Tamayo, 2016).

Diseño:

Un experimento es un conjunto de procesos destinados a manipular sus variables a una causa, y qué efecto se produce después de esta manipulación. Los estudios se clasifican como puramente experimentales porque se manipulan las causas, se analiza su impacto en la variable dependiente y se miden sus variables, considerándose como puro (Hernández et al., 2014).

El diseño experimental es una metodología ampliamente utilizada en la investigación científica, y ha evolucionado a lo largo de los años. Montgomery destaca la importancia de un diseño cuidadoso en la obtención de resultados confiables y la posibilidad de establecer relaciones de causalidad entre variables. Un diseño adecuado de experimentos permite controlar las variables independientes y minimizar los sesgos, lo que contribuye a la validez interna y externa de los hallazgos. Además, la aleatorización, replicación y otros principios estadísticos son fundamentales en la planificación y análisis de experimentos, según las recomendaciones de (Montgomery, 17).

Box (2005) enfatiza la importancia de un diseño experimental bien estructurado en la obtención de resultados válidos y en la posibilidad de realizar descubrimientos e innovaciones. El diseño de experimentos permite controlar las variables y obtener conclusiones confiables, que facilita la toma de decisiones informadas en diversos campos de estudio e industrias.

Enfoque:

Enfoque cuantitativo. Significa recolectar datos para confrontar hipótesis formuladas, las cuales son verificadas por procesamiento numérico y análisis estadístico. Para esto el enfoque es cuantitativo debido a que tendrá base numérica y procesamiento estadístico (Hernández et al., 2014). Se Trabaja sobre fenómenos que pueden medirse asignando valores numéricos y analizando posteriormente los datos obtenidos mediante técnicas estadísticas (Sánchez, 2019). Los estudios se caracterizan por ser objetivos y virtualmente invariantes a la observación, y al recopilar datos se utiliza el análisis estadístico numérico para probar hipótesis y probar teorías. (Amaiquema, Vera y Zumba, 2019).

3.2. Variables y Operacionalización:

Estabilización de suelos finos para subrasante:

Definición Conceptual: Es un procedimiento que implica la mejora de las propiedades físicas del suelo por medios mecánicos y la adición de productos. (López & Ortiz, 2018). Asimismo, dependiendo de las reacciones que se puedan inducir entre los minerales del suelo y los aditivos de elección, se han obtenido excelentes resultados en el comportamiento de los suelos arcillosos, reduciendo el valor del índice de plasticidad y aumentando su resistencia a la compresión.

Roca volcánica granulada:

Definición conceptual: Son materiales piroclásticos no consolidado, expulsado del cráter de un volcán, durante una erupción volcánica. Consiste en pequeños fragmentos de lavas silíceas de grano fino, de color blanquecino, blandos, sueltos, deleznable y comprensibles. (Suarez & Urgiles, 2010). Los Piroclásticos son expulsados a gran distancia del volcán, según su tamaño se denominan Cenizas, escorias o bombas volcánicas.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Población:

La población corresponde a la misma Avenida Industrial, a la altura de la Panamericana Sur con puesto de salud Chejoña hasta Avenida Domingo Savio a la altura del Tecnológico José Antonio Encinas, consignado una distancia total de km 2+053, se sitúa en la Municipalidad del Centro poblado Salcedo del Distrito de Puno, Provincia Puno, Departamento de Puno.

Muestra:

Se considero la muestra el Manual de Carreteras MTC-2014, 4.2 da mención sobre la caracterización de la Subrasante dentro del cual en el cuadro 4.1 da mención a la cantidad de exploraciones de suelo, el nivel de fundación de cada calicata, las cantidades mínimas de perfil estratigráfico y la ubicación debe ser longitudinalmente por cada tipo de carretera, se considera 3 calicatas en toda la distancia de la vía urbana, las cuales serán de las siguientes progresivas de km 0+000, km1+000 y km 2+053, cada calicata tendrá la dimensión de 1.00m x 1.00m con una profundidad no mayor a 1.50m para realizar el perfil estratigráfico.

Muestreo:

El muestreo es una técnica que permite la selección de muestras, y la investigación científica utiliza muestreos estocásticos y no probabilísticos. Para nuestra investigación se utilizará el muestro no probabilístico

Unidad de análisis:

Corresponde a la muestra seleccionada. Roca volcánica y suelos finos

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**Observación participante y no participante**

Se utilizará el método de observación directa, en el que la interacción del observador de forma o apariencia real con el investigador se produce in situ. En caso contrario, se utilizarán métodos de prueba estandarizados, de acuerdo con las normas técnicas peruanas.

Instrumentos de recolección de datos

Es necesario utilizar fichas de campo u hojas de cálculo que contengan toda la información necesaria para analizar el problema o fenómeno que se estudia. Para agilizar nuestra investigación se utilizarán cuadernos de observación, apuntes, cuadernos de campo y diversos formatos utilizados en el laboratorio.

Validez

En nuestra investigación la validez corresponde a los certificados proporcionados por los laboratorios donde se realizarán los ensayos respectivos.

Confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad de un instrumento radica en que es posible medir su nivel de consistencia interna por lo que se empleará una confiabilidad del 95%.

3.5. Procedimientos:

Para la ejecución de la presente investigación, se tendrá en cuenta los siguientes pasos:

Primero: Se realizará la observación de la muestra de estudio en el lugar donde se visualiza la problemática. se buscarán una variedad de materiales y herramientas que se puedan usar en el campo y laboratorio.

Segundo: Se llevará a cabo la exploración de suelos contenidos en el tramo de estudio, y toma de muestras en las calicatas de dimensiones de 1.00m x 1.00m a una profundidad no mayor a 1.50m utilizando una maquinaria pesada (retroexcavadora) y personal.

Tercero: Se ejecutarán los ensayos del laboratorio que corresponden a los análisis técnicos de la composición de la muestra patrón, se considera el cuarteo para realizar cada ensayo con el propósito con que la muestra sea homogénea.

Cuarto: Se realizará el análisis granulométrico de suelos por tamizado y se registra el peso de cada material retenido en los tamices y recolección de datos.

Quinto: Se considerarán los ensayos relativos al índice de plasticidad y contenido de humedad.

Sexto: Se realizarán los ensayos que corresponden al CBR para determinar los parámetros que nos permitirán caracterizar el suelo. Según la norma ASTM (D 1883), que busca determinar la capacidad portante de los suelos.

Se ajusta la muestra para comprimir en el molde, se nivela el molde con la parte inferior, luego se coloca el hombro y disco separador y encima se coloca el papel de filtro; Después de preparar el molde, la muestra se compacta dentro del molde mediante un compactador dinámico; Luego, se colocó una placa perforada con las correspondientes barras y anillos sobre la superficie de la muestra invertida. La primera medición se toma para determinar el abultamiento.

Séptimo: En el diseño de mezclas se agregará la roca volcánica en porcentajes determinados previamente en el laboratorio.

Noveno: Finalmente, se diseñará el espesor de la subrasante.

3.6. Método de análisis de datos:

La evaluación cuantitativa se utiliza en el sentido de que los parámetros numéricos recopilados en la guía de control se procesan con el software Microsoft Excel y las estadísticas de inferencia con el software SPSS v26 se utilizan para probar las hipótesis, asimismo, se ejecutará la organización de los datos obtenidos en los ensayos del laboratorio para determinar los resultados encontrados y su correspondiente vinculación con la preguntas y objetivos de la investigación. con respecto a las técnicas de análisis y procesamiento de la información se construirá tablas y gráficos estadísticos aplicando softwares.

3.7. Aspectos éticos:

En este ámbito, se considerará principalmente el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú, el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo de Trujillo, además del rigor objetivo y los principios de la investigación metodológica

El Código de Ética en Investigación es un conjunto de principios y normas que deben seguirse al realizar investigaciones en la Universidad César Vallejo. Este código se aplica a todos los miembros de la comunidad universitaria que realizan investigaciones científicas, incluyendo docentes, estudiantes y personal administrativo.

El código está basado en la Ley Universitaria N° 30220 y sus reglamentos, que establecen que la autoridad de supervisión de calidad educativa es la SUNEDU. Según el artículo 22 de esta ley establece que la SUNEDU dicta normas de

procedimientos para el cumplimiento de las políticas públicas del Sector de Educación superior.

El objetivo del Código de Ética en Investigación es garantizar que todas las investigaciones realizadas en la Universidad César Vallejo sean éticas y cumplan con los estándares académicos necesarios. Los principios generales del código incluyen el respeto por la integridad y autonomía de las personas involucradas en el estudio, así como garantizar la confidencialidad y privacidad de los participantes.

Además, el código establece procedimientos para garantizar la integridad académica y ética en la investigación, incluyendo medidas para prevenir el plagio y otras formas de mala conducta académica. También se establecen procedimientos para manejar cualquier violación del código.

En general, el Código de Ética en Investigación tiene como objetivo garantizar que todas las investigaciones realizadas en la Universidad César Vallejo sean éticas y cumplan con los estándares académicos necesarios. El código establece principios y normas específicas para garantizar la integridad académica y ética en la investigación, y se basa en las leyes peruanas y normas internacionales sobre ética en investigación científica.

Los Principios Generales del Código de Ética en Investigación establecen que todas las investigaciones realizadas en la Universidad César Vallejo deben respetar la integridad y autonomía de las personas involucradas en el estudio. Esto significa que se debe reconocer la dignidad humana independientemente de su origen, condición social o económica, etnia, género u otras características. Los intereses y el bienestar de las personas tienen prioridad sobre los intereses de la ciencia, y su autodeterminación es tan respetada como su cosmovisión cultural. Además, se busca el bienestar y desarrollo sostenible de la sociedad a través del conocimiento científico generado por las investigaciones realizadas en la universidad.

IV.- RESULTADOS

4.1.- La composición mineralógica de la roca volcánica granulada que se incorpora a la mezcla para estabilizar los suelos finos a nivel de subrasante en pavimentos flexibles Puno, 2023.

La composición química del suelo natural se realizó a una temperatura de 22.2 ° C y humedad relativa de 61% mediante el método referencial de FRXD.

Tabla 5 Composición elemental del suelo natural por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva

Elemento Químico	Porcentaje
Calcio	31.139
Silicio	25.907
Magnesio	15.484
Aluminio	14.308
Hierro	6.940
Potasio	4.715
Titanio	0.778
Azufre	0.408
Manganeso	0.163
Estroncio	0.073
Circonio	0.050
Vanadio	0.034

Tabla 6 Composición en óxidos del suelo natural por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva

Óxidos Hallados	Porcentaje
Oxido de silicio	36.578
Oxido de calcio	23.694
Oxido de aluminio	16.926
Oxido de magnesio	13.100
Óxido de hierro	4.934
Oxido de potasio	3.261
Oxido de titanio	0.665
Oxido de azufre	0.619
Oxido de manganeso	0.106
Oxido de estroncio	0.047
Oxido de circonio	0.038

Oxido de vanadio	0.031
------------------	-------

La composición química de la roca volcánica triturada se realizó a una temperatura de 21 ° C y humedad relativa de 63% mediante el método referencial de FRXD.

Tabla 7 Composición elemental de la roca volcánica triturada por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva

Elemento Químico	Porcentaje
Hierro	68.298
Manganeso	11.615
Bario	9.962
Silicio	6.398
Azufre	2.134
Calcio	0.531
Estroncio	0.448
Fosforo	0.283
Potasio	0.192
Cobre	0.102
Cromo	0.041
Hierro	68.298

Según lo observado en la tabla 7, la muestra de roca volcánica presenta al Hierro como principal elemento químico presente en su composición química, seguido por el manganeso, bario, silicio y azufre entre los 12% y los 2.531%.

Tabla 8 Composición en óxidos de la roca volcánica triturada por método de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva

Óxidos Hallados	Porcentaje
Óxido de hierro	67.289
Oxido de manganeso	10.335
Oxido de bario	7.664
Oxido de silicio	9.431
Oxido de azufre	3.671
Oxido de calcio	0.511
Oxido de estroncio	0.365
Oxido de fosforo	0.447
Oxido de potasio	0.159
Oxido de cobre	0.088
Oxido de cromo	0.041
Óxido de hierro	67.289

De manera similar a la tabla 8, la muestra de roca volcánica es conformada en su gran mayoría por el óxido de hierro.

4.2.- La abrasión de los ángeles, de la mezcla roca volcánica granulada a nivel subrasante en pavimentos flexibles, Puno 2023

Las tablas 9 y 10 presentan las normativas y lineamientos que deben tenerse en cuenta en caso se desee proceder a realizar el ensayo de abrasión de los ángeles.

Tabla 9 Gradación de muestras de ensayo MTC E 207

MÉTODO DEL TAMIZ (ABERTURA CUADRADA)		MASA DE TAMAÑO INDICADO, Y GRADACIÓN.			
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1250 ± 25	--	--	--
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1250 ± 25	--	--	--
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	--	--	2500 ± 10	--
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	--	--	2500 ± 10	--
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	--	--		5000
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 10 Tabla de cargas ensayo MTC E 207

GRADACIÓN	NÚMERO DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Luego, previo a iniciar el ensayo se obtuvieron los siguientes pesos de acuerdo a la gradación A y los tamices de acuerdo a norma.

Tabla 11 Muestra Total por Gradación A de acuerdo a MTC E 207

MÉTODO DEL TAMIZ (ABERTURA CUADRADA)		MASA DE TAMAÑO INDICADO, Y GRADACIÓN.
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	A
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1252.85
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1251.96
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1253.47
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1251.2
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	--
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	--
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	--
TOTAL		5009.48

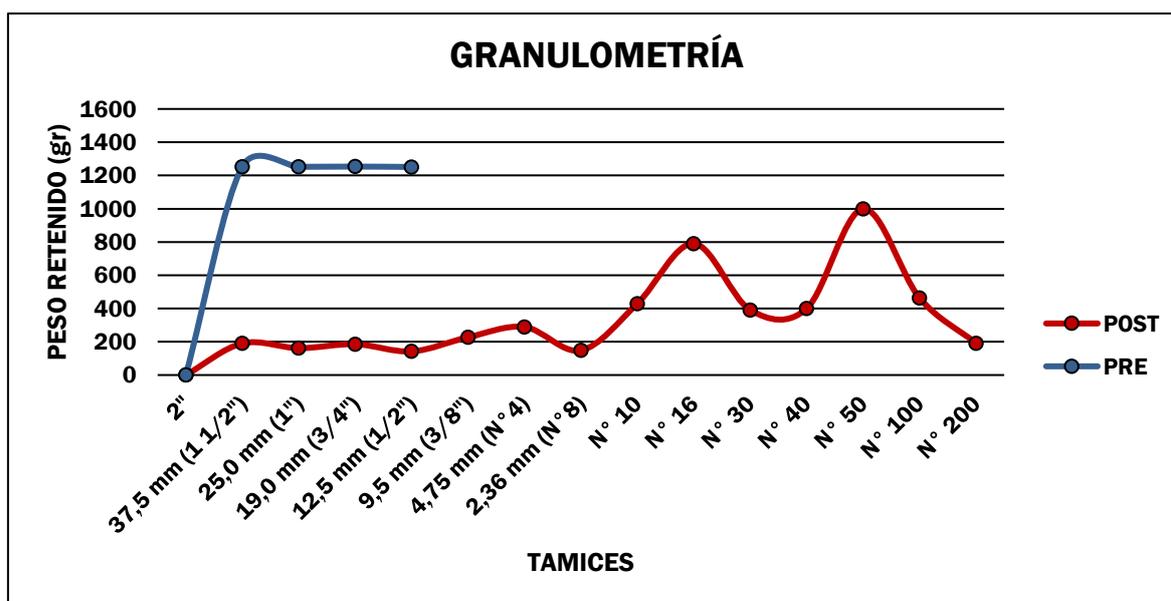
Tabla 12 Granulometría Pre y Post Ensayo de Abrasión

MUESTRA ENSAYO 1		POSTERIOR A LA ABRASIÓN	ANTES DE LA ABRASIÓN
MÉTODO DEL TAMIZ (ABERTURA CUADRADA)		MASA DE TAMAÑO INDICADO, Y GRADACIÓN.	MASA DE TAMAÑO INDICADO, Y GRADACIÓN.
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	(gr)	(gr)
-----	37,5 mm (1 1/2")	0	0
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	190.19	1252.85
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	161.59	1251.96
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	185.46	1253.47
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	142.11	1251.2
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	227.06	
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (N°4)	288.99	
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	148.23	
2,36 mm (N°8)	2 mm (10")	429.52	
N° 16	N° 30	790.6	
N° 30	N° 40	391.18	
N° 40	N° 50	399.92	
N° 50	N° 100	999.3	
N° 100	N° 200	463.61	
N° 200	FONDO	191.33	
		5009.09	

Tabla 13 Resultados Finales de Ensayo de Abrasión

QUE PASA	RETENIDO SOBRE	PESO DEL MATERIAL
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1252.85
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1251.96
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1253.47
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1251.20
NÚMERO DE REVOLUCIONES		500
CARGA ABRASIVA		12
PESO SECO INICIAL (gr.)		5009.48
PESO SECO RETENIDO EN LA MALLA N°12 (gr.)		1819.4
PÉRDIDA (gr.)		3190.08
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)		63.68

Figura 2 Granulometría de la abrasión de los angeles



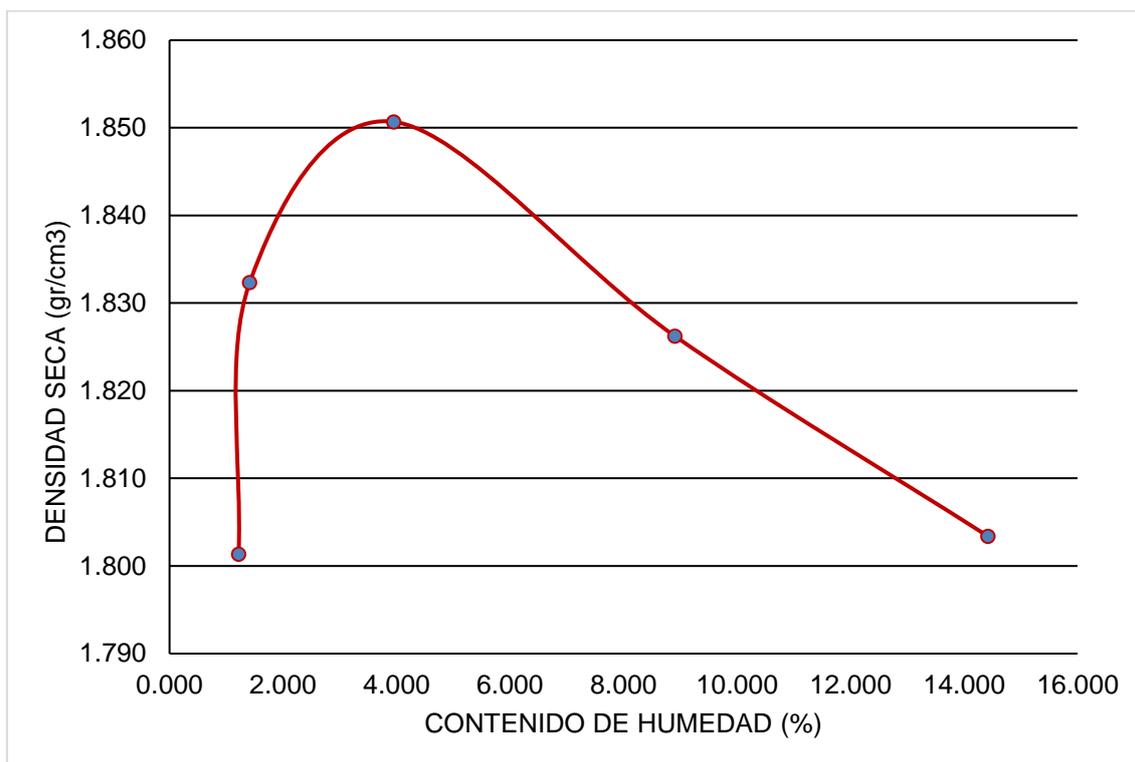
Se obtuvo un desgaste del 63.68%, presentado en la tabla 13, mostrando un valor de pérdida de peso superior al 50%; por este motivo, se considera a la muestra de roca volcánica como deficiente y sugiere que los agregados son altamente abrasivos y de baja calidad. En conclusión, estos agregados pueden no ser adecuados para aplicaciones donde se requiere durabilidad y resistencia a la abrasión.

4.3.- Los parámetros del Proctor cuando se incorpora a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de la subrasante en pavimentos flexibles Puno 2023.

Tabla 14 Proctor modificado del suelo natural

VOLUMEN DEL MOLDE		943.69 2					cm3
PRUEBA N°		2%	4%	6%	8%	10%	
Peso del molde	gr	3924.5	3929.5	3887.6	3907.8	3982.6	
Peso del suelo + molde	gr	5645.1	5683.1	5703.1	5784.7	5929.9	
Peso del suelo húmedo compactado	gr	1720.6	1753.6	1815.5	1876.9	1947.3	
Peso del suelo húmedo + tara	gr	268.9	313.4	357.1	234.3	412	
Peso del suelo seco + tara	gr	266.93	310.5	347.5	223.7	385	
Peso de la tara	gr	105.1	105.3	104.6	104.7	197.8	
Peso del agua	gr	1.97	2.9	9.6	10.6	27	
Peso del suelo seco	gr	161.83	205.2	242.9	119	187.2	
Contenido de agua	%	1.217	1.413	3.952	8.908	14.423	
Densidad del suelo húmedo	gr/cm ³	1.823	1.858	1.924	1.989	2.063	
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	1.801	1.832	1.851	1.826	1.803	
DENSIDAD MÁXIMA - MDS (gr/cm ³)					1.851		
Humedad Optima - OCH (%)					6%		

Figura 3 Curva proctor del suelo natural



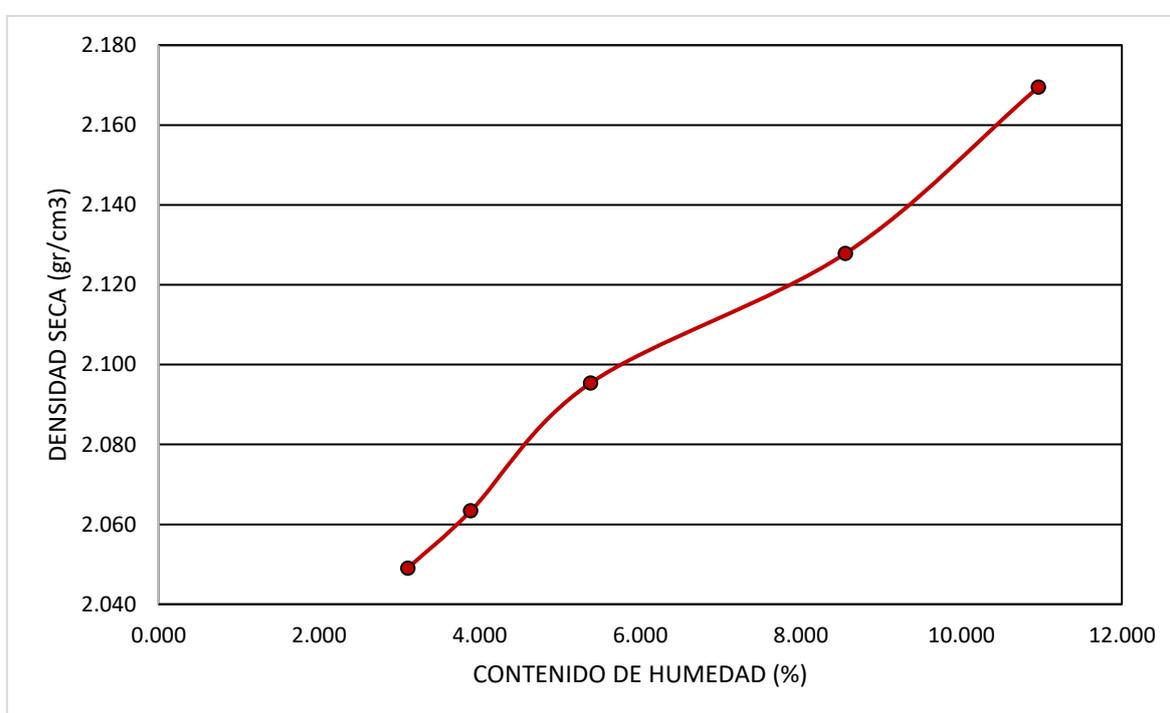
Luego de realizar el ensayo Proctor según la D1557-78, para el suelo en estado natural después de analizar 5 puntos a distintas humedades se tiene una densidad máxima seca de 1.850 gr/cm³ y una óptima humedad de 6%.

Tabla 15 Proctor modificado adición de 10%

VOLUMEN DEL MOLDE		943.692 cm³				
PRUEBA N°		2%	4%	6%	8%	10%
Peso del molde	gr	3813.1	3936.2	3931.7	3982.4	3934.5
Peso del suelo + molde	gr	5806.8	5959.1	6015.5	6162.2	6206.3
Peso del suelo húmedo compactado	gr	1993.7	2022.9	2083.8	2179.8	2271.8
Peso del suelo húmedo + tara	gr	419	520.3	335.9	510.7	431.7
Peso del suelo seco + tara	gr	412.4	508.3	324.8	486.2	408.8
Peso de la tara	gr	199.8	199.7	118.5	199.8	199.9
Peso del agua	gr	6.6	12	11.1	24.5	22.9

Peso del suelo seco	gr	212.6	308.6	206.3	286.4	208.9
Contenido de agua	%	3.104	3.889	5.381	8.554	10.962
Densidad del suelo húmedo	gr/cm ³	2.113	2.144	2.208	2.310	2.407
Densidad del suelo seco	gr/cm ³	2.049	2.063	2.095	2.128	2.170
DENSIDAD MÁXIMA - MDS (gr/cm³)					2.170	
Humedad Óptima - OCH (%)					10.962	

Figura 4 Curva Proctor de adición de 10%

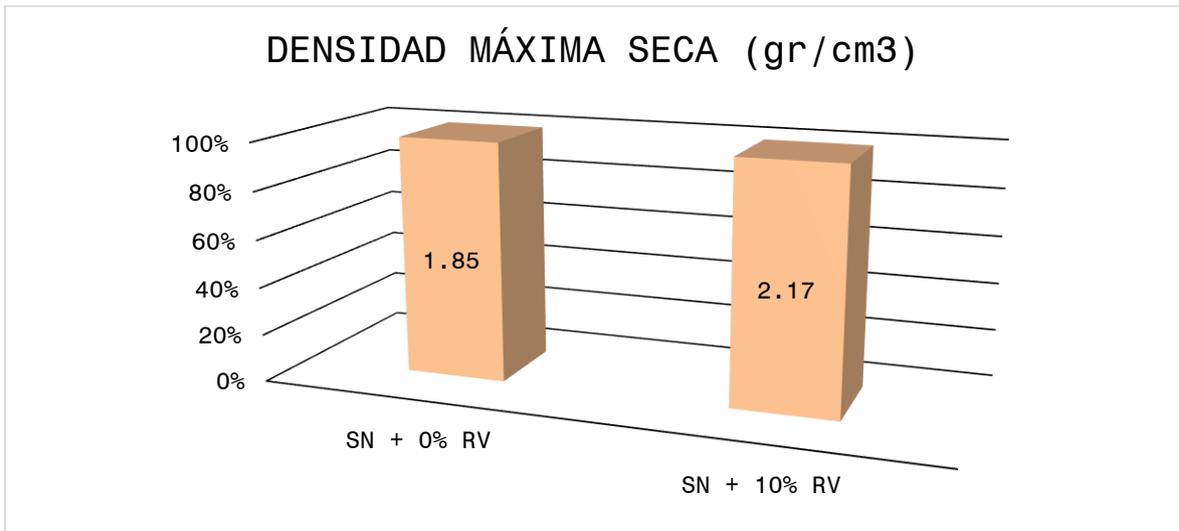


De acuerdo a la comparación entre la muestra sin adición de roca volcánica y luego de adicionarle un 10%, mostrada en la tabla 16, se concluye que la adición del estabilizador aumenta tanto la máxima densidad seca como el contenido óptimo de humedad.

Tabla 16 Resultados de proctor modificado agregando 0% y 10% de RV.

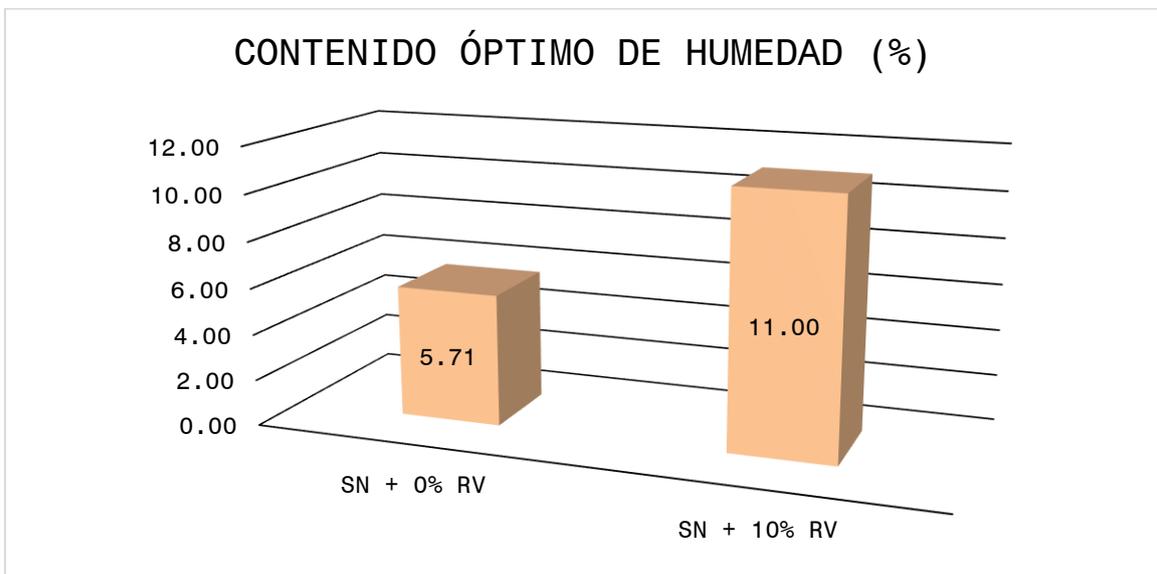
Muestra	Máxima Densidad Seca (kg/cm³)	Óptimo Contenido de Humedad (%)
SN + 0% RV	1.850	5.71
SN + 10% RV	2.170	11

Figura 5 Histograma de resultados de densidad máxima seca



En las figuras 5 y 6 se muestran más claramente la intensidad en las que variaron ambos procedimientos, es los cuales el contenido óptimo de humedad es el que presentó una mayor variación respecto a la muestra patrón.

Figura 6 Histograma de resultados de optimo contenido de humedad



V.- DISCUSIÓN

La incorporación de roca volcánica granulada optimizará el comportamiento de la subrasante, estabilizando los suelos finos en pavimentos flexible Puno 2023 concuerda con Ruano (2012) que manifiesta el material volcánico permite estabilizar las subrasantes de forma significativa, otorgando a la superficie del suelo mayor estabilidad y mejor gestión de los niveles de humedad.

La composición mineralógica de la roca volcánica granulada no es óptima para estabilizar los suelos finos a nivel de subrasante en pavimentos flexibles Puno 2023, concuerda con Mora et al. (2013) que indica que la muestra fue conformada por tres lechos de arena y otro lecho conformado por nano partículas de sílice.

La abrasión de los ángeles, de la mezcla roca volcánica granulada a nivel subrasante en pavimentos flexibles, Puno 2023, concuerda con Castro (2020) indica la dureza, el basalto sigue el índice de desgaste obtenido en el ensayo de máquina de Los Ángeles en las tres dosis con el recebo.

La variación del Proctor del suelo con incorporación de melaza de caña de azúcar, Sullana - Piura, 2022 una pequeña reducción de la máxima densidad seca y reduce la cantidad de agua necesaria concuerda con Huamán (2021) que indica que la resistencia a las cargas, en la medida en que se fortalece la consistencia de la subrasante, se mejora la vida útil del pavimento y se gestiona de manera adecuada la humedad.

VI.- CONCLUSIONES

1.- La incorporación de roca volcánica granulada optimizará el comportamiento de la subrasante, estabilizando los suelos finos en pavimentos flexible Puno 2023.

2.- La composición mineralógica de la roca volcánica granulada para estabilizar los suelos finos a nivel de subrasante en pavimentos flexibles Puno 2023, refleja en elementos de hierro 68.30, Manganeso 11.615, bario 9.962, silicio 6.398, azufre 2.134, y en composición de óxidos: oxido de hierro 67.289, oxido de manganeso 10.335, oxido de bario 7.664, oxido de silicio 9.431, óxido de azufre 3.671, y otros minerales.

3.- La abrasión de los ángeles, de la mezcla roca volcánica granulada a nivel subrasante en pavimentos flexibles, Puno 2023 está muestra un desgaste de 63.68, mostrando un valor de pérdida de peso superior al 50% se considera deficiente y sugiere que los agregados son altamente abrasivos y de baja calidad.

4.- La incorporación de la mezcla roca volcánica granulada a nivel de la subrasante en pavimentos flexibles, se incrementa significativamente la calidad de compactación de los suelos finos, Puno 2023. En el ensayo de Proctor modificado del suelo natural muestra una densidad máxima seca de 1.850 gr/cm³ y una óptima humedad de 6%. La adición de 10% de roca volcánica mediante Proctor obtiene una densidad máxima seca de 2.170 gr/cm³ y una óptima humedad de 11%.

VII.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar las proporciones de roca volcánica para evitar distorsión en la muestra utilizada.
- Se recomienda analizar una roca volcánica más dura para determinar las variaciones del Proctor modificado.
- Se recomienda determinar la variación del agua con respecto al tipo de arcilla utilizada.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A., & Henao, M. A. (2017). Determinación del módulo de reacción (K) para el conjunto de capa triturada y sub-rasante [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. <https://doi.org/10.57799/11227/7767>
- Alvarado, G., & Denyer, P. (2019). Estratigrafía Volcánica. En P. Denyer, *Perspectiva Geológica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica
- Araujo, N. W. (2014). Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2192>.
- ASTM International. (2007). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils (D1883-07).
- ASTM International. (2007). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)) (D1557-07).
- ASTM International. (2019). Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (D2216-19).
- Bada, D. F. (2016). Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na. [Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/2530/1/REP_MAESTR.TINGE_DELVA.BADA_APLICACION.ADITIVO.QUIMICO.CONAID.ATENUAR.PLASTICIDAD.MATERIAL.GRANULAR.TRAMO.CARRETERA.TAUCA.BAMBAS.KM73%2b514-KM132%2b537.RUTA.NACIONAL.PE3NA.pdf
- Baldeón, I. P. (2019). Análisis del uso de la arena de sílice en la estabilización de la subrasante [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1307>

- Bañon, B. L., & Beviá, G. J. (2000). Manual de carretera: Ortiz e Hijos, Contrastista de Obras, S.A., 2000. Vol. 2. ISBN 84-607-0123-9.
- Bañon, L., & Bevia Garcia, J. F. (2000). Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción y Mantenimiento.
- Blanco. (2018). Comportamiento mecánico de subrasante para suelos estabilizados con emulsiones asfálticas en pavimentos flexibles en Av. Los Andes – Jicamarca 2018 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/24585>
- Braja, M. Das. (2017). Principles of Geotechnical Engineering, Cengage Learning, 9th edition.
- Boca, E., Ruiz, J., & Carlos, J. (2015). Analisis del mejormiento de un suelo de subrasante con un aditivo organico. Bogota.
- Bustamante , F., Marin, N., & Benites, J. (2022). Uso de Vinaza de Saccharum officinarum para Estabilización de Suelos Cohesivos. Trujillo.
- Box, G.E.P. (2005). Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery. John Wiley & Sons.
- Cahuana, F. (2016). Dosificación optima del cloruro de calcio y la melaza de caña para la estabilización de suelos en caminos vecinales no pavimentads del distrito de Barranca. Huaraz.
- Castro. (2020). Mejoramientos de subrasantes con roca ignea basalto tomada de la mina San Pedro, Armero Guayabal [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7770>
- Chicaiza Estévez, E. A., & Oña Oña, F. J. (2018). Estabilización de Arcillas Expansivas de la Provincia de Manabí con Puzolana Extraída de Ceniza de Cascarilla de Arroz. 139.

- Chicaiza, & Oña. (2018). Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19624>
- Das, B. (2013). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.
- Das, B. M. (2013). Fundamentals of geotechnical engineering, CengageBrain User.
- Delgado, J. (2021). La investigación científica: su importancia en la formación de investigadores. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2385-2386. ISSN: 2707-2207. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0001-6574-2759>.
- Escobar et al., (2020). Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Retrieved from https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18221/ESCOBAR_SULCA_JUAN_%20ESTABILIZACI%C3%93N_SUBRASANTE_ARCILLOSA.pdf?sequence=1
- Finanzas, M. d. (2015). Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras. Perú: Servicios Gráficos JMD.
- Gabriel, J. (2017). Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(2), 155-156. ISSN: 2072-9294. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207292942017000200008.
- Gabriels, D. & Lobos, D. (2010). Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo.

- García Restrepo, A. L. (2022). Estabilización de Suelos con Cal como una Alternativa Viable para la Construcción y Rehabilitación de Caminos Rurales en Colombia.
- Garnica Anguas, P., Gómez López, J. A., & Sesma Martínez, J. A. (2002). Mecánica de Materiales para Pavimentos.
- Gavilanes, E. (2015). Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]. Retrieved from <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
- Gomez de Santos, C. (2019). Comportamiento Geotécnico de Suelos Arcillosos Compactados, Respuesta a Cargas Estáticas y Dinámicas. 391.
- Gongora Velasquez, C. K. (2019). Influencia de la Cal y el Cemento Portland Tipo I en la Subrasante de la Trocha del Distrito de Chilla, Provincia de Pataz - 2019. Trujillo.
- Hernández et al., (2014). Metodología de la investigación. Mc Graw Hill. Retrieved from <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huamán, (2021). Estabilización de la subrasante adicionando roca basalto para pavimento flexible en la Av. Las Torres, distrito Lurigancho, Lima -2021 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100205>
- Huang, Y. H. (2004). Pavement analysis and design (Segunda ed.). United States of America: Pearson Prentice Hall.
- Junco del Pino & Tejeda, (2011). Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 5(2). Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193921394002.pdf>

- Kraemer et al., (2003), p.234. Ingeniería de Carreteras. Mc Graw Hill, 1. Retrieved from
https://www.academia.edu/43389350/Ingenier%C3%ADa_de_Carreteras_Vol_I_Carlos_Kraemer_Jos%C3%A9_Mar%C3%ADa_Pardillo_Sandro_Rocchi_Manuel_G_Romana_V%C3%ADctor_S%C3%A1nchez_Blanco_Miguel_%C3%81ngel_del_Val
- López & Ortíz (2018). "Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay" [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. URL: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/152>
- Hernandez, J., Mejía, D., & Zelaya, C. (2016). Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad de El Salvador. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador].
- Laura, M. (2019). Análisis Comparativo entre dos tipos de pavimentos para el campus de la UNALM [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Molina].
- Loaiza, J. (2017). Mejoramiento de suelos GP con Vinaza. Samborodon.
- Miranda, J. (2010). Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- Monsalve, L., Giraldo, L., & Jessyca, M. (2012). Diseño de Pavimento Flexible y Rígido [Tesis de pregrado, Universidad del Quindío].
- Mamani (2019). "Estudio geotécnico de la subrasante para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2019" [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. URL: <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1626/Mamani-Romani-Ramos-Vilca.pdf?sequence=1>
- MEF. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos. Lima.

Montejo, A., Montejo, A., y Montejo, A. (2018). Estabilización de Suelos. Bogotá: Ediciones de la U

Montgomery. D.C. (2017). Design and Analysis of Experiments. Editorial: John Wiley & Sons.

Mora, C., Franco, C. A., & Cortés, F. B. (2013). "Uso de nanopartículas de sílice para la estabilización de finos en lechos empacados de arena Ottawa" Informador técnico, 77(1), 27. DOI: <https://doi.org/10.23850/22565035.42>

Moreno, E. (2018). "Estabilización de suelos arcillosos con residuos de la construcción y demolición" [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. URL: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2319/Estabilizaci%C3%B3n%20de%20suelos%20arcillosos%20con%20residuos%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20y%20demolici%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). "Manual de ensayo de materiales" Obtenido de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Ninanya, Y. (2021). "Efectos de la diatomita en la estabilización de suelos finos para subrasante" [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. URL: https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2371/T037_%2047148147_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Osorio, M. J. & Casas, J. A. (2011), *Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba*. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/3653>
- Pajsi, A. A., & Torres, C. S. (2022). *Influencia del aditivo terrazyme en la estabilización de la subrasante de la carretera no pavimentada de Salcedo, Puno, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/106448/Pajsi_AAA-Torres_JCS-SD.pdf?sequence=1
- Ponce, D. K. (2018). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/cc5379df-fd22-480b-b2938dff0008ec0>
- Quijano, Y., & Melo, J. (2020). *Análisis de la variación de la densidad seca máxima y humedad óptima de afirmados provenientes de diferentes canteras de la sabana de Bogotá* [Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Civil].
- Quispe, J. (2023). *Ensayo de abrasion de los angeles para agregado grueso, proyecto avenida civica aeropuerto capitán selin zeitun lopez*. [Tesis de pregrado, Universidad mayor de San Andrés]
- Restrepo, L. E. (2014). *Mejoramiento de suelos finos a partir de las electroosmosis* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52457/8280161.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, J. F., Aguirre, A., Mejía, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Informador técnico*, 84(2), 43–67. <https://doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Ruano, D. R. (2012). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3447_C.pdf

- Salager, F. (2007). Granulometría: Métodos y técnicas para la determinación del tamaño de partículas. *Revista de Ciencias Geológicas*, 45(2), 123-135.
- Sánchez, N. (2011). El Modelo de Gestión y su Incidencia en la Provisión de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado en la Municipalidad de Tena. Ambato, Ecuador.
- Suarez, A. E., & Urgiles, M. P. (2010). Caracterización de la ceniza volcánica del Tungurahua para la fabricación de un aglomerante Cal- puzolana. Universidad de Cuenca. Retrieved from <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/715/1/ti844.pdf?fbclid=IwAR2tyKksHbrCf0rwnzm9VEYDNNikGIBtW18oarihW0bZP2F0EUTVMbB8x70>
- Tahuiton, R. (2010). Análisis granulométrico: Indicadores acumulados y medición de partículas. *Libro de Ciencias de la Tierra*, 256-275.
- Tamayo, M. & T. (2016). El proceso de la investigación científica. Limusa Noriega Editores S.A. México. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227860/El_proceso__de_l_a_investigaci_n_cient_fica_Mario_Tamayo.pdf
- Toirác, J. (2012). Distribución granulométrica de agregados en muestras geológicas. *Ensayos Geotécnicos*, 32(4), 567-578.
- Terones, A. (2018). *Estabilizacion de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para mejoramiento de subrasante en el sector barraza, trujillo – 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Toirac, J. (2008). El suelo-cemento como material de construcción. *Ciencia y sociedad*, 520-571.
- Valentinuzzi, M. (2008). Analisis por fluorescencia de rayos X: Implementación de guías de haces en reflexión total. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Cordoba]

- Van, K. A. (2006). Agricultura orgánica El suelo: sus componentes. Retrieved from [https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmnta_material_didactico_nro_01_\(1\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmnta_material_didactico_nro_01_(1).pdf)
- Velásquez, C. (2018). Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Retrieved from <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2534>
- Vega, J., De La Fuente, E., & Zimmermann, M. (2008). Modelos de estudio en investigación aplicada: Conceptos y criterios para el diseño. Med Segur

ANEXO 01: FICHAS DE ENSAYOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME DE ENSAYO N° 0669 – 23 – LABICER

1. **DATOS DEL CLIENTE**
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : GILMAR JUAN CCAMA MENDOZA
DAVID SALMEST CONDORI ARRAZOLA
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 73380967 / 72280678
 - 1.3. DIRECCIÓN : --
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 24 / 05 / 2023
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 24 / 05 / 2023
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 02 / 06 / 2023
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS DE LA MUESTRA**
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : POLVO
 - 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ROCA MOLIDA
 - 4.3. DESCRIPCIÓN : TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS INCORPORANDO A LA MEZCLA ROCA VOLCÁNICA GRANULADA A NIVEL DE SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, PUNO, 2023"
 - 4.4. OBSERVACIONES (SI APLICA) : ---
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21 °C; Humedad relativa: 63 %
7. **RESULTADOS**

7.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
Calcio, Ca	31.139	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2)
Silicio, Si	25.907	%	
Magnesio, Mg	15.484	%	
Aluminio, Al	14.308	%	
Hierro, Fe	6.940	%	
Potasio, K	4.715	%	
Titanio, Ti	0.778	%	
Azufre, S	0.408	%	
Manganeso, Mn	0.163	%	
Estroncio, Sr	0.073	%	
Circonio, Zr	0.050	%	
Vanadio, V	0.034	%	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

(2) Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.



7.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
Óxido de silicio, SiO ₂	36.578	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2,3)
Óxido de calcio, CaO	23.694	%	
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	16.926	%	
Óxido de magnesio, MgO	13.100	%	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	4.934	%	
Óxido de potasio, K ₂ O	3.261	%	
Óxido de titanio, TiO ₂	0.665	%	
Óxido de azufre, SO ₃	0.619	%	
Óxido de manganeso, MnO	0.106	%	
Óxido de estroncio, SrO	0.047	%	
Óxido de circonio, ZrO ₂	0.038	%	
Óxido de vanadio, V ₂ O ₅	0.031	%	

(1) Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.

(2) Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

(3) Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.

8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Bach. Fabio Jurado
Analista
LABICER – UNI




M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

ANEXO



FIGURA N°1. MUESTRA DE ROCA MOLIDA



FIGURA N°2. ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA.





INFORME DE ENSAYO N° 0705 – 23 – LABICER

1. DATOS DEL CLIENTE
 - 1.1. NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : GILMAR JUAN CCAMA MENDOZA
DAVID SALMEST CONDORI ARRAZOLA
 - 1.2. D.N.I / R.U.C. : 73380967 / 72280678
 - 1.3. DIRECCIÓN : --
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1. FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 07 / 06 / 2023
 - 2.2. FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 13 / 06 / 2023
 - 2.3. FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 15 / 06 / 2023
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. DATOS DE LA MUESTRA
 - 4.1. TIPO DE MUESTRA : ROCA
 - 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ROCA TRITURADA
 - 4.3. DESCRIPCIÓN : TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS INCORPORANDO A LA MEZCLA ROCA VOLCÁNICA GRANULADA A NIVEL DE SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, PUNO, 2023"
 - 4.4. OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS : LABORATORIO LABICER-UNI
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.2 °C; Humedad relativa: 61 %
7. RESULTADOS
 - 7.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
Hierro, Fe	68.298	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2)
Manganeso, Mn	11.615	%	
Bario, Ba	9.962	%	
Silicio, Si	6.398	%	
Azufre, S	2.134	%	
Calcio, Ca	0.531	%	
Estroncio, Sr	0.448	%	
Fósforo, P	0.283	%	
Potasio, K	0.192	%	
Cobre, Cu	0.102	%	
Cromo, Cr	0.041	%	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

(2) Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Método de análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU EDX-800HS.



7.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA ⁽¹⁾
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	67.289	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva ^(2,3)
Óxido de manganeso, MnO	10.335	%	
Óxido de bario, BaO	7.664	%	
Óxido de silicio, SiO ₂	9.431	%	
Óxido de azufre, SO ₃	3.671	%	
Óxido de calcio, CaO	0.511	%	
Óxido de estroncio, SrO	0.365	%	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	0.447	%	
Óxido de potasio, K ₂ O	0.159	%	
Óxido de cobre, CuO	0.088	%	
Óxido de cromo, Cr ₂ O ₃	0.041	%	

⁽¹⁾ Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.

⁽²⁾ Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.

⁽³⁾ Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.

8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.


Bach. Natalia Quispe G.
Analista
LABICER-UNI




M.Sc. Ily Mariú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:

- LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
- LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
- Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

ANEXO



FIGURA N°1. MUESTRA DE ROCA TRITURADA.



FIGURA N°2. ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA (SHIMADZU, EDX-800HS).



ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 7. Tramo de Avenida Industrial de la carretera no pavimentada, en la progresiva km 2+053 en poste kilometraje.



Figura 8. Presencia de la vía de estudio en condición deterioro Progresiva km 0+000 (Calicata N°01)



Figura 9. Zona señalización para la realización de calicata N°02, km 1+000



Figura 10. Zona señalización para la realización de calicata N°02, km 1+000



Figura 11. Extracción de muestra en la Av. Industrial (Calicata N° 02) de la progresiva km1+000.



Figura 12. Afloramiento de rocas volcánicas ígneas, de la cantera de Cancharani Puno.



Figura 13. Secado de muestra de la sub rasante suelos finos extraídos de las calicatas



Figura 14. Proctor de 2% de humedad con muestra natural.



Figura 15. Proctor de 4% de humedad con muestra natural.



Figura 16. Proctor de 6% de humedad con muestra natural.



Figura 17. Proctor de 8% de humedad con muestra natural.



Figura 18. Muestra de roca para abrasión de los Ángeles.



Figura 19. Máquina de abrasión de Los Ángeles.



Figura 20. Cargas de acero, para ensayo de abrasión.



Figura 21. Mezcla de roca con suelo natural.



Figura 22. Mezcla homogénea de suelo con roca.



Figura 23. Proctor modificado de la adición.



Figura 24. Proctor modificado de muestra adicionada.

