UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Influencia de resina epóxica líquida reciclada sobre las propiedades físico mecánicas de suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata provincia Abancay, Apurímac 2023

Asesor:

Ing. Cayo Baca, Holguer

Autor:

Huamán Barazorda, Alexander

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil.

Abancay – Apurímac – Perú

2025

Acta de sustentación

Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL Acta N°: 002

En la ciudad de Abancay año 2025 en el mes de **enero** día **miércoles** del **29** siendo las **09:00** am, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral **N° 060-2025-EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **20** de **enero** del **2025**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente	:	MSc. Ing. Maldonado Mendívil, Angel
Dictaminante	:	Dr. Soto Palomino, Wilfredo
Replicante	:	Ph.D. Vásquez Ramírez, Abbon Alex

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

"Influencia de resina epóxica liquida reciclada sobre las propiedades físico mecánicas de suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral-Umaccata provincia Abancay, Apurímac 2023"

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Huamán Barazorda, Alexander

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: unanimidad

(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Huamán Barazorda, Alexander	**Aprobado**

Siendo las **11:00** de la **mañana** concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendívil, Angel (.....)

Dictaminante: Dr. Soto Palomino, Wilfredo (.....)

Replicante: Ph.D. Vásquez Ramírez, Abbon Alex (.....)

Abancay 06 de febrero del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 303.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*): **Mayoría**: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; **Unanimidad**: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Escaneado con CamScanner

23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

18% Fuentes de Internet
5% Publicaciones
20% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos del autor		
Apellidos y nombres	:	Huamán Barazorda Alexander
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Numero de documento de DNI	:	48300442
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0002-2605-3648
Datos del asesor		
Apellidos y nombres	:	Ing. Cayo Baca Holguer
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Numero de documento de DNI	:	23933864
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-9590-750X
Datos de la investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de año en que se realizó la investigación	:	2023-2024
Fuente de financiamiento	:	Propio
Porcentaje de similitud	:	**23**%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A mis padres y hermanas (os) pues sin el apoyo de mi familia no lo habría logrado, que me forjaron a ser una persona de bien con valores y reglas que siempre me motivaron a cumplir mis propósitos, a mis compañeros de mi alma mater que siempre fueron impulsadores en mi desempeño académico.

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a mi padre celestial en seguida alma mater a mis padres y hermanas(o) y compañeros y amigos que fueron de vital importancia en mi formación profesional que siempre estuvieron en el camino que se encontraba, de alegría tristeza desafíos obstáculos fracasos y éxitos.

Resumen

Durante décadas, múltiples investigaciones se llevaron a cabo de renovar las propiedades del suelo. Esta tesis se centró en establecer hasta qué punto la resina epóxica líquida reciclada impacta en las cualidades geomecánicas del suelo subrasante la trocha carrozable. Dicha investigación tiene un enfoque cuantitativo, una investigación aplicada nivel explicativo, el diseño experimental, la indagación se basa en la técnica de la observación, fenómenos inducidos en un entorno controlado, añadiendo resina epóxica líquida reciclada en proporciones de (5%, 10% y 15%). Los resultados demostraron variaciones de los límites de consistencia, reduciendo el índice plástico con una proporción de 15% de resina epóxica liquida reciclada, se tuvo como resultado valor de índice de plasticidad=8.2%. Además, la densidad seca optima disminuyó cuando aumentaba porcentaje de resina epóxica liquida reciclada, mientras que la relación de soporte de California presentó aumento de las adiciones de resina epóxica liquida reciclada de 5%, 10%, 15%, en conclusión, se ha determinado que la resina epóxica líquida reciclada a tener un impacto positivo, de la misma manera la adición de resina epóxica líquida reciclada de suelo subrasante vislumbra significativamente su capacidad de soporte.

Palabra clave: resina epóxica líquida reciclada, propiedades mecánicas del suelo subrasante, compactación del suelo, California Bearing ratio.

Abstract

For decades, numerous studies have been conducted to improve the properties of soil. This thesis focused on determining the extent to which recycled liquid epoxy resin affects the geomechanical properties of the subgrade soil of a rural road. A quantitative approach was employed, classified as applied research with an explanatory level, using an experimental design. The investigation was based on the observation technique, inducing phenomena in a controlled environment by adding recycled liquid epoxy resin in proportions of 5%, 10%, and 15%. The results showed variations in the consistency limits, with a reduction in the plasticity index when a 15% proportion of recycled liquid epoxy resin was used, obtaining a plasticity index value of 8.2%. Furthermore, the optimum dry density decreased as the percentage of recycled liquid epoxy resin increased, while the California Bearing Ratio (CBR) showed increments with the additions of 5%, 10%, and 15% recycled liquid epoxy resin. In conclusion, it was determined that recycled liquid epoxy resin has a positive impact; likewise, the addition of recycled liquid epoxy resin.

Keyword: recycled liquid epoxy resin, mechanical properties of subgrade soil, soil compaction, California Bearing Ratio.

Índice

Portada i

Acta de sustentación ii

Metadatos iv

Dedicatoria v

Agradecimiento vi

Resumen vii

Abstract viii

Índice ix

Índice de tablas xii

Índice de figuras xiii

Índice de anexos xiv

1. Introducción 15

2. Planteamiento del problema 17

2.1. Descripción y formulación del problema 17

2.2. Objetivos 19

2.2.1. Objetivo general 19

2.2.2. Objetivos especifico 20

2.3. Justificación e importancia 20

2.4. Hipótesis 21

3. Marco Teórico 25

3.1. Antecedentes 25

3.2. Bases teóricas 36

3.2.1. Sub rasante 36
3.2.2. Descripción de suelo 39
3.2.3. Clasificación de los suelos 40
3.2.4. Estabilización mecánica de suelos 40
3.2.5. Estabilización química de suelos 40
3.2.6. Estabilización por mezcla de suelos 41
3.2.7. Estabilizados con cal 41
3.2.8. Estabilizados con cemento 41
3.2.9. Estabilización con cloruro de calcio 41
3.2.10. Estabilización con asfalto 41
3.2.11. Estabilización con geo sintéticos 42
3.2.12. Análisis granulométrico 42
3.2.13. Contenido de humedad 46
3.2.14. Límite liquido de los suelos 49
3.2.15. Limite plástico 51
3.2.16. Ensayo proctor modificado 52
3.2.17. Ensayos CBR 57
3.3. Definición términos 59
3.3.1. La resina epóxica 59
3.3.2. Suelos 60
3.3.3. Agregados 60
3.3.4. Plasticidad 60
3.3.5. Humedad natural 60
3.3.6. CBR 60
3.3.7. Limite plástico 60
3.3.8. Limite liquido 61
3.3.9. Índice de plasticidad 61
3.3.10. Compactación 61
3.3.11. Densidad 61
3.3.12. Granulometría 61
3.3.13. Viscosidad cinemática 61
3.3.14. Viscosidad dinámica 62

4. Metodología 63

4.1. Tipo y nivel de investigación 63

4.2. Ámbito temporal y espacial 63

4.3. Población y muestra 64

4.4. Instrumentos 65

4.5. Procedimiento 66

4.6. Análisis de datos 67

4.7. Consideraciones éticas 70

5. Resultados 71

5.1. Resultados del ensayo granulométrico 71

5.2. Resultados del límite de consistencia 72

5.3. Resultados de proctor modificado 74

5.4. Resultado del CBR 76

6. Discusiones 77

7. Conclusiones 80

8. Recomendaciones 82

Referencias 83

Anexos ¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de operacionalización..... 23

Tabla 2. Categoría de la subrasante 37

Tabla 3. Puntos para exploración..... 38

Tabla 4. Tipos de suelo AASHTO, SUCS 40

Tabla 5. Los tamices que será empleado según el MTC..... 44

Tabla 6. Cantidad de ensayos a realizar. 64

Tabla 7. Significancia del límite liquido..... 67

Tabla 8. Significancia del límite plástico..... 67

Tabla 9. Significancia del índice de plasticidad..... 68

Tabla 10. Significancia proctor modificado..... 68

Tabla 11. Significancia de la humedad optima. 69

Tabla 12. Significancia de la humedad optima. 69

Tabla 13. Análisis granulométrico del suelo (C-1, C-2, C-3) 71

Tabla 14. Resultados..... 72

Tabla 15. Resultados LL, LP, IP, MDS y CBR de las muestras 72

Tabla 16. Resultados del límite de consistencia. 73

Tabla 17. Resultados del proctor modificado. 74

Tabla 18. Resultados del ensayo de CBR con adición de resina epóxica liquida reciclada 76

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de la región 24

Figura 2. Signos convencionales parar perfil de calicatas. 39

Figura 3. Distribución de las partículas de graduaciones diferentes 43

Figura 4. Tabla semilogarítmica 46

Figura 5. Horno eléctrico 47

Figura 6. Equipos mecánicos 49

Figura 7. Equipos para realizar los ensayos 51

Figura 8. Equipos de proctor modificado 54

Figura 9. Equipos para realizar el ensayo de CBR 57

Figura 10. Representación gráfica del límite de consistencia. 73

Figura 11. Representación gráfica del peso unitario máximo seco y humedad optima 74

Figura 12. Representación gráfica densidad máxima seca y humedad optima 76

Figura 13. Representación gráfica del CBR 77

Índice de anexos

Anexo 01. Matriz de consistencia……75

Anexo 02. Panel Fotográfico …….....76

Anexo 03. Resultados de Ensayo de Laboratorio ……...83

1. Introducción

La estabilización del suelo ha ganado relevancia recientemente teniendo la carencia de optimizar las cualidades estructurales del suelo en carreteras no pavimentadas particularmente en áreas rurales y con condiciones geotécnicas poco favorables. En esta tesis, el aprovechamiento de materiales reciclados se ha presentado como una alternativa prometedora y ecológica.

Capítulo 1: Introducción**,** esta tesis se centra en averiguar cómo incide la resina epóxica líquida reciclada en las cualidades mecánicas del suelo tramo Moyocorral - Umaccata. Se realizaron varios experimentos, incluyendo pruebas de límite de consistencia, Proctor modificado y CBR.

Capítulo 2. Exposición de la problemática, incluyendo su contextualización y definición (tanto general como específica). Además, se detallan los propósitos (generales y particulares), la relevancia y el valor del estudio, su factibilidad, restricciones, supuestos (generales y específicos), elementos de análisis y un esquema de coherencia.

Capítulo 3. Fundamento conceptual, que abarca una revisión de estudios previos a nivel internacional, nacional y local, seguido de los cimientos teóricos y la aclaración de conceptos fundamentales.

Capítulo 4. Enfoque metodológico, especificando la naturaleza y alcance del estudio, sus límites, el grupo de estudio y la muestra seleccionada, herramientas y métodos para recopilar información, proceso de encuesta y examen de datos, junto con consideraciones de ética.

Capítulo 5. Hallazgos de los ensayos de laboratorio.

Capítulo 6. La incorporación de resina epóxica líquida reciclada en la subrasante a tener un impacto positivo en la mejora de sus propiedades mecánicas, como se evidencia una reducción del índice de plasticidad de suelo patrón 13.6% y adicionando 15% de resina epoxica liquida reciclada hubo una reducción del 8.2%.

La adición de la resina epóxica liquida reciclada, no contribuye en las características mecánicas teniendo la densidad máxima seca con las proporciones de 5%, 1.835g/cm^3 y la proporción de 15% de resina epóxica se tiene 1.774g/cm^3 se tiene una reducción de -0.06g/cm$^{3.}$ La adición de resina epóxica líquida reciclada al suelo subrasante mejora significativamente su capacidad de soporte, reflejada en el incremento del valor del CBR.

Capítulo 7. Se recomienda utilizar algún otro insumo que complemente y se adherente a la resina epóxica liquida para mejorar las cualidades suelo, dado que las características del suelo varían según su composición, se aconseja realizar estudios adicionales sobre la influencia de la resina epóxica en diferentes tipos de suelos (arcillosos, limosos, arenosos). se sugiere optimizar la proporción de resina para encontrar un balance entre mejora en propiedades físicas y mantenimiento de una densidad adecuada.

Capítulo 8. Referencias

Capítulo 9. Matriz de consistencia, panel fotográfico, resultados de laboratorio.

2. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

La red vial en América abarca aproximadamente 3,6 millones de kilómetros, respaldando casi la mitad de la negociación intrarregional y el 2% del negocio global, según el CAF (2024). Esta infraestructura es fundamental para conectar a las personas con sus lugares de trabajo y servicios públicos, como lo señala CAF IMPACTO (2024). Sin embargo, la infraestructura vial de la región enfrenta desafíos significativos tanto en cantidad como en calidad. Con solo 188 kilómetros de carreteras por cada 1.000 km², América Latina tiene apenas 13% del promedio mundial de densidad vial. Además, solamente una sexta parte de estas carreteras está pavimentada y es constantemente transitable. Un 40% de la población rural reside en áreas aisladas sin acceso a redes de transporte terrestre.

Las vías no pavimentadas en varias regiones del Perú, han causado numerosos retrasos y pérdidas económicas debido a su rápido deterioro. Esto ha llevado a que se conviertan en caminos polvorientos y llenos de baches, volviéndolos intransitables y generando malestar tanto en los residentes de esas áreas como en los conductores y peatones. Esta situación se hace más evidente durante la temporada de sequía, que va de mayo a mediados de setiembre Valente Miguel, (2021) pag. 01.

A nivel nacional, hay un notable déficit en la red vial, lo que se traduce en una necesidad de carreteras que conecten las distintas regiones y lleguen a los lugares más remotos donde se produce agricultura. Esto genera dificultades para trasladar los productos hacia los grandes mercados. Huaquisto Samuel, (2015).

La red vial peruana carreteras nacionales abarca cerca de 27,460.00 km, solo 22,736.00km se encuentran pavimentadas y 4,724.00km están sin pavimentar, carreteras

departamentales de un total de 27,752.00km solo 6,625.00km están pavimentadas y 21,127.00km están sin pavimentar y aún más preocupantes carreteras vecinales de un total de 119,497.00km solo 3,803.00km se encuentran pavimentadas (3.2%) y 115,694.00km se encuentran sin pavimentar (96.82%) según reportó el MTC, (2014).

Formulación del problema de investigación

Con la premisa anterior cabe resaltar que en el recorrido que abarca el tramo Moyocorral – Umaccata, en la provincia de Abancay Departamento Apurímac, se vislumbra una realidad marcada por una serie de desafíos que afectan la transitabilidad y seguridad de esta trocha carrozable, generando inquietud tanto entre los habitantes locales como entre quienes hacen uso de esta vía. La trocha presenta un evidente deterioro, con baches, ahuellamiento y deformación esto se debe a sistema de drenaje deficiente, provocando así un insuficiencia estructural reduciendo la capacidad de resistencia del suelo otro problema latente es la erosión del suelo es otra de las problemáticas latentes en este tramo, un inadecuado sistema de drenaje ha propiciado el desgaste del suelo en diversos puntos, especialmente en áreas de pendiente pronunciada, donde estos deslizamientos de tierra y socavones representan una amenaza constante para la estabilidad de la vía, elevando la preocupación sobre la seguridad de quienes la transitan.

Además, las limitaciones en la capacidad de carga de la trocha carrozable impiden el flujo adecuado de vehículos, afectando especialmente el transporte de productos agrícolas y mercancías esenciales para la economía local. Esta restricción representa un obstáculo para el crecimiento económico, durante la temporada de lluvias la situación se agrava aún más, ya que la trocha carrozable se convierte en un camino prácticamente intransitable, debido crecida de riachuelos.

problema general

¿En qué medida afecta la resina epóxica líquida reciclada a las propiedades físico mecánicas de suelo subrasante de la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023?

problemas específicos

¿En qué forma incide la resina epóxica líquida reciclada en el límite de consistencia del suelo subrasante de la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023?

¿Qué efecto produce la adición de resina epóxica líquida reciclada en la compactación del suelo subrasante en la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023?

¿Cuál es la influencia de la resina epóxica líquida reciclada en la capacidad de resistencia relativa del suelo subrasante de la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Averiguar en qué medida la resina epóxica líquida reciclada afecta las propiedades físico mecánicas del suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay Apurímac 2023.

2.2.2. Objetivos especifico

Verificar cómo incide la resina epóxica líquida reciclada en el límite de consistencia del suelo subrasante de la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023.

Verificar cómo influye la incorporación de resina epóxica líquida reciclada en la compactación del suelo subrasante en la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023.

Verificar como influye la resina epóxica líquida reciclada en la capacidad de resistencia relativa del suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay, Apurímac 2023.

2.3. Justificación e importancia

Justificación teórica

Resina epóxica líquida reciclada se obtiene reutilizando resinas que han sido desechadas, lo que la convierte en una alternativa más ecológica en comparación con las resinas convencionales.

La trocha Moyocorral - Umaccata es de vital relevancia para la conectividad de sus actividades cotidianas Abancay, Apurímac. En consecuencia, este estudio ofrece una utilidad práctica inmediata al brindar datos significativos que pueden guiar el diseño y realización de construcciones viales.

El estado de los caminos rurales influye de manera inmediata a comunidades cercanas, ya que una trocha carrozable en buen estado facilita a prestaciones fundamentales como atención médica, formación académica y actividades mercantiles, además de fomentar la integración social y económica en las áreas rurales. Al mejorar las condiciones del suelo subrasante utilizando resina epóxica líquida reciclada, se puede

reducir el impacto negativo del deterioro vial, favoreciendo así el desarrollo y el bienestar social en la región de Abancay, Apurímac.

Viabilidad de la investigación

La tesis se dispone de los medios económicos necesarios, por lo que solo será requerido el extraer las muestras para ser llevados al laboratorio de ensayo de materiales. También se cuenta con equipos informáticos como laptops, Tablet y celulares, por otro lado, se tiene diversos programas y software para la redacción y procesamiento de datos adquiridos en campo. Además, se cuenta con información en redes, libros para los estudios teórico, útiles de escritorio y otros recursos necesarios para complementar el trabajo.

Limitaciones

Una principal limitación es encontrar el material reciclado (resina epóxica liquida reciclada). No se conoce con exactitud el lugar donde realizaran la demolición.

2.4. Hipótesis

Las hipótesis son afirmaciones o suposiciones de una investigación o estudio, ya que señalan lo que se busca comprobar. Se definen como suposiciones tentativas sobre el fenómeno investigado, que pueden ser confirmadas o refutadas a lo largo del proceso de investigación. (Hernandez & Fernades & Bautista, (2019))

Hipótesis general

La resina epóxica líquida reciclada influye favorablemente, en las propiedades fisco mecánicas de suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral-Umaccata, Abancay, Apurímac 2023.

Hipótesis especificas

La resina epóxica líquida reciclada influye favorablemente, en el Límite de consistencia del suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay- Apurímac 2023.

La resina epóxica líquida reciclada influye favorablemente, en la compactación del suelo subrasante en la trocha carrozable del tramo Moyocorral - Umaccata, Abancay-Apurímac 2023.

La resina epóxica líquida reciclada influye favorablemente, en la capacidad de resistencia relativa del suelo subrasante de trocha carrozable del tramo Moyocorral – Umaccata, Abancay-Apurímac 2023.

Tabla 1.

Matriz de operacionalización de variables

	Definición	Dimensiones	Indicadores	Medición
V.I. Resina epóxica líquida reciclada	La resina epóxica, también llamada porcelanato líquido, es un tipo de polímero termoestable, es decir, una sustancia formada por macromoléculas que se ensamblan a partir de monómeros y que mantiene su estructura bajo altas temperaturas. Generalmente, se presenta en forma de un líquido viscoso que se solidifica al mezclarse con un catalizador (endurecedor o agente de curado), según (INDECO SAC, 2024)	Viscosidad	Viscosidad Cinemática	m^2/seg
			Viscosidad Dinámica	m^2/seg
		Densidad	Masa	kg
			Volumen 5% 10% 15%	m^3
		Dosificación		kg
V.D. Propiedades físicas y mecánicas de suelo	La forma de partículas de un suelo juega un papel crucial en su comportamiento mecánico, ya que diversas propiedades están determinadas por el tipo de suelo. Entre las propiedades físicas se incluyen la gravedad específica, la densidad, la textura y la granulometría, mientras que las propiedades mecánicas se relacionan con la capacidad del suelo para soportar cargas aplicadas verticalmente. (Romo, 2022)	Límite de consistencia	L.L	%
			I.P	%
		compactación	Densidad seca máxima	g/cm^3
		Capacidad de resistencia relativa	Humedad Optima	%
			CBR	%

NOTA. Esta tabla muestra la identificación de las variables dependiente e independientes que viene hacer la resina epoxica, propiedades físicas y mecancias de suelo con sus respectivas definiciones de las dimensiones de dichas variables e indicadores y las unidades de medición.

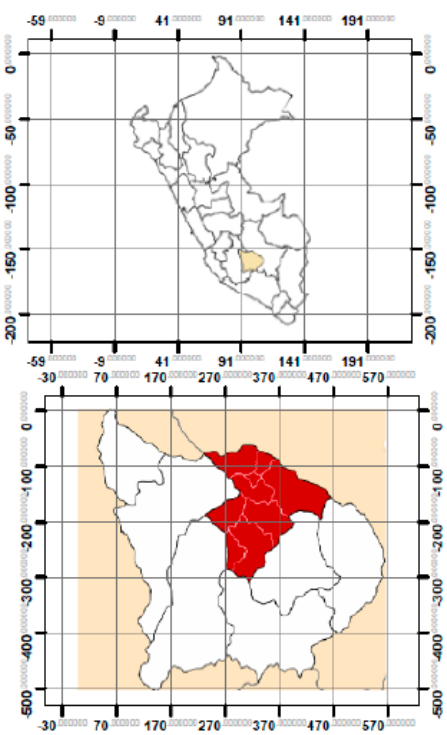
Ubicación del área de estudio

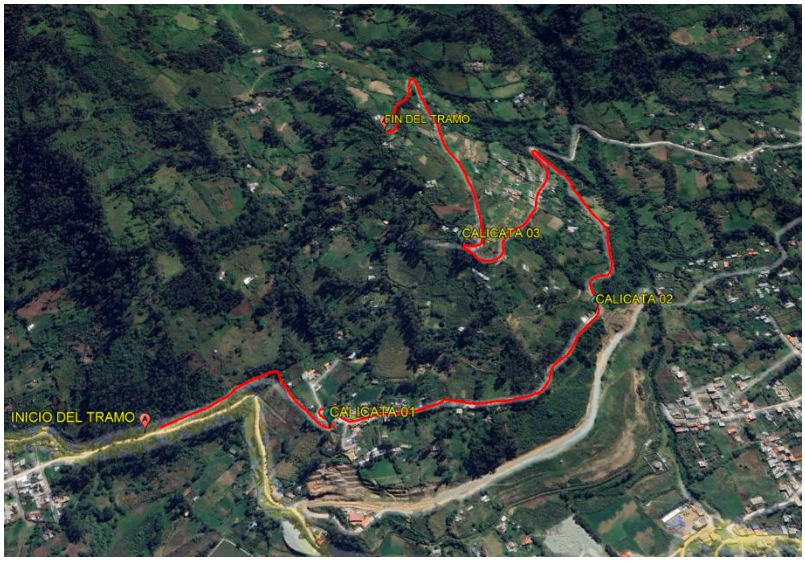
Apurímac limita por el noreste con Cusco por el sur con Arequipa y por el oeste con Ayacucho.

El departamento Apurímac está conformado por 7 provincia y 84 distritos tiene una extensión territorial de 21 mil kilómetros cuadrados, con coordenadas 72853.00 m E y 8493482.00 m N, a una elevación de 2700 msnm.

Figura 1.

Mapa de la región





Nota. Es esta figura muestra la localización de la población y también da conocer la ubicación de los puntos exploratorios (calicata) en Sector de Moyocorral Provincia de Abancay Departamento de Apurímac.

3. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

Según Celi Kevin (2021), se propuso examinar el impacto en el CBR al añadir partículas finas de polietileno, polipropileno, polietileno de potenciar su estabilidad. Los objetivos específicos abarcaron: primero, la recolección de muestras representativas en tres zonas; segundo, la caracterización mecánica, incluyendo OCH, densidad in situ, peso específico, límites de consistencia, distribución granulométrica, compactación Proctor modificada y CBR; y tercero, el análisis del CBR de los suelos al incorporar distintas proporciones de finos plásticos (0%, 3%, 6%, 9%, 12% y 15%) a las muestras seleccionadas. Los resultados evidenciaron que 27.1%, 3.5%, 4.4%, Se observó además que la incorporación gradual de finos plásticos provocaba una disminución tanto en la MDS como en la OCH, según los ensayos Proctor modificados. Permitió concluir que, para la estabilización efectiva de suelos tipo SM, se requería una adición de entre 3.6% y 7.8% de finos plásticos, en relación al peso seco del espécimen, siendo los porcentajes óptimos: 7.8%, 4.2%. 3.6%, en comparación con una subrasante no tratada. La metodología empleada introdujo un enfoque innovador al utilizar estos residuos plásticos para estabilizar la subbase granular tipo A. El proceso incluyó una fase de inspección del terreno, identificación de puntos de muestreo y verificación de la disponibilidad de material suficiente antes de proceder con los ensayos.

Pérez y Vásquez (2020), Se propusieron, analizar las repercusiones estructurales de Geoestab en la estabilización de una subbase granular. Sus objetivos específicos abarcaron tres aspectos clave: en primer lugar, se plantearon examinar y evaluar los hallazgos de laboratorio obtenidos por la empresa Geoambiental, para obtener una característica exhaustiva del material residual en estudio. Como segundo objetivo, se propusieron contrastar estos resultados con los parámetros de calidad estipulados en el artículo 320 de la normativa

INVIAS, que establece los criterios para subbases granulares. Por último, el tercer objetivo consistió en formular pautas para determinar la dosificación de Geoestab para estabilización de subbases granulares tipo A, basándose en los datos proporcionados por la empresa Geo ambiental.

De acuerdo con las conclusiones obtenidas, el examen de las pruebas de laboratorio tanto en los materiales individuales como en las mezclas con dosificaciones del 4%, 8%, 12%, 16% y 20% de Geoestab, mostró que este material no aporta significativamente a la estructura de la subbase granular clase A. Esto se evidenció en los resultados del ensayo CBR, donde las probetas con Geoestab presentaron una resistencia considerablemente menor en comparación con la subbase sin estabilizar. En segundo lugar, se tuvo una comparación entre la cantidad de Geoestab y la resistencia de la subbase estabilizada, ya que con una dosificación del 4%, el valor de CBR fue del 13.5%, pero al aumentar la dosificación al 20%, el CBR descendió al 2%. Esto sugiere que una alta concentración de Geoestab puede reducir la rigidez de la subbase, afectando su rendimiento.

Finalmente, el estudio determinó que, para estabilizar las capas de apoyo en pavimentos, tales como la base granular y ocasionalmente la subbase, la adición de asfalto (en sus formas espumada, emulsionada o mezclada en caliente) funciona como un sellador, potenciando la unión entre partículas y elevando la resistencia a fuerzas de corte y flexión. Aunque en esta investigación el Geoestab se empleó a temperatura ambiente, se sugiere que su efectividad podría aumentar con una aplicación térmica, ya que el asfalto caliente reduce su espesor, facilitando una mejor cobertura de los elementos granulares, lo que resultaría en una mezcla más sólida y resistente. El enfoque metodológico consistió en un examen exhaustivo de los hallazgos de laboratorio para valorar el rendimiento del material innovador en la subbase granular tipo A, contando con la colaboración de la empresa Indicó y el respaldo de Geoambiental.

Para García Rodríguez, (2019), el objetivo de su investigación fue analizar, bajo condiciones controladas de laboratorio una combinación de tierra y cemento, aplicando ensayos de carga constante. Calcular los niveles de soporte un suelo y considerar su posible uso en carreteras rurales con características afines. Los objetivos específicos abarcaron tres aspectos: Efectuar pruebas, calcular el nivel óptimo de humedad necesario, tanto en el suelo sin tratar; determinar el porcentaje de humedad ideal para alcanzar una compactación en ambos tipos de material. Entre las conclusiones, se destacó que el caolín, de la misma manera otros suelos finos, demuestran fragilidad cuando carecen de agua, pero la adición de 12% de cemento mejoró significativamente la cohesión y resistencia. Sin embargo, la saturación del material puede ser problemática, causando desintegración del suelo sin aditivos y reduciendo sus propiedades mecánicas. Además, en suelos estabilizados con más del 8% de cemento, la resistencia puede disminuir hasta un 50% en condiciones de saturación. Se enfatizó la importancia de incorporar el sistema de drenaje eficaces o mejorar la impermeabilidad del suelo fino estabilizados con cemento, para evitar que las condiciones climáticas afecten su resistencia. Se confirmó la eficacia del cemento como estabilizador, con porcentajes superiores al 8% mejorando notablemente el soporte ante cargas, aunque se señaló que estos niveles de aglomerante son elevados.

Según Frozi Chistien (2019), el objetivo general de su estudio fue analizar la viabilidad técnica de utilizar emulsión asfáltica como método de estabilización del suelo en Caxias do Sul/RS., tiene como meta específica primera, realizar la caracterización física del suelo; segundo objetivo, analizar su comportamiento del suelo de compactación, como tercer objetivo, disponer la cantidad de la mezcla del suelo y emulsión. Obtenido como conclusión Al concluir este estudio, se constató que la resistencia del suelo al utilizar emulsión asfáltica justifica su uso. No obstante, dado que existen métodos de estabilización más económicos, la emulsión asfáltica se recomienda especialmente para carreteras o calzadas que vayan a

soportar grandes cargas. Su aplicación ayuda a prevenir movimientos en el suelo de subrasante, proporcionando una mayor estabilidad al recubrimiento. Además, se observó que añadir emulsión a un suelo arenoso mejora sus características de cohesión e impermeabilidad segunda conclusión el tiempo de curado demostró ser un factor crucial, ya que las muestras que fueron sometidas a rotura inmediata mostraron una leve disminución en su resistencia, mientras que aquellas que se dejaron curar adecuadamente incrementaron su resistencia en aproximadamente siete veces. Para examinar la mecánica del suelo, se empleó el UCS. Los hallazgos indicaron que la resistencia está directamente relacionada con la humedad de dicha mezcla. Además, el método de incorporación del agua (ya sea dispersa en el suelo, diluida en la emulsión o una combinación de ambos) también afecta los resultados obtenidos, como ultima conclusión se observó que el contenido de emulsión añadido y la presencia o ausencia de un período de curado los factores que más influyeron en resultados de resistencia. En particular, cuando se utilizó una mayor cantidad de emulsión sin considerar el período de curado, la resistencia disminuyó. En contraste, al añadir una menor cantidad de emulsión y permitir un período de curado de siete días, la resistencia aumentó significativamente en relación con el suelo sin estabilizar, y también mejoró la cohesión del suelo. Además, se concluyó que no es necesario utilizar grandes cantidades de emulsión para alcanzar la concentración del 4%, ya que los resultados para el 2% y el 4% fueron muy similares. También se notó que diluir la emulsión en agua antes de aplicarla al suelo producía una mezcla más homogénea, evitando la formación de grumos. Con la metodología Se utilizó suelo proveniente de la ciudad de Caxias do Sul, ubicada en Serra Gaúcha, en Rio Grande do Sul, específicamente en la Rúa Virgilio Perotoni, cerca de la calle Alzerina de Oliveira Freitas, en el barrio Nossa Senhora. do Saúde. Según Bressani, Flores y Nunes (2005), el suelo de Caxias do Sul está compuesto principalmente por cinco tipos de materiales rocosos: Dacitos Galópolis, Cañón, Caxias, Forqueta y Ana Rech. Tras realizar diversas pruebas

mineralógicas, los autores elaboran una tabla que muestra los porcentajes predominantes de suelo.

Para Hayann, (2019), su principal objetivo evaluar la factibilidad técnica de emplear RCMG, provenientes del procesamiento secundario en una planta de mármol, para estabilizar suelos de subrasantes en pavimentos. Los objetivos específicos abarcaron: primero, caracterizar físicamente el suelo natural, los residuos y sus combinaciones; segundo, clasificar estos materiales según los métodos TRB y SUCS; y tercero, determinar OCH y la masa específica máxima tanto del suelo natural y las mezclas con residuos. Las conclusiones revelaron que la adición de RCMG alteró la distribución granulométrica de suelo, reduciendo la fracción arcillosa e incrementando la limosa proporcionalmente a la cantidad de residuo añadido. Respecto a los índices de consistencia, la incorporación de RCMG disminuyó el LL y el LP, atribuible a la reducción de arcilla y la nula plasticidad del residuo. La masa específica mostró variaciones no significativas en las diferentes composiciones debido a la similitud entre el suelo natural y el residuo. Se observó que adiciones de 10% y 25% de RCMG redujeron la humedad óptima y aumentaron la masa específica seca aparente, mientras que una adición del 35% produjo el efecto contrario. La mezcla con 25% de RCMG presentó el mejor comportamiento, con una disminución del 1,7% en la humedad óptima y un aumento del 3,49% en la masa seca aparente. La incorporación de RCMG mejoró el índice CBR en todas las composiciones, aunque aumentó ligeramente la expansión, manteniéndose dentro de los límites del DNIT. Se concluyó que el uso de RCMG es técnicamente viable como estabilizador para suelos de subrasante en pavimentos, cumpliendo las especificaciones del DNIT, con la mezcla de 25% de residuos mostrando el mejor desempeño. La metodología empleada detalló los materiales, procedimientos y especificaciones para la caracterización física, ensayos de compactación y CBR de los materiales analizados.

Según Balbin , Robinson; Chonchon, Victor, (2019), presentaron un estudio denominado, la finalidad primordial de esta investigación fue elaborar una composición asfáltica incorporando materiales reciclados con el propósito de potenciar el desempeño mecánico del pavimento. Como objetivos particulares, se propusieron: primeramente, precisar la proporción ideal de cemento asfáltico, en segundo lugar, establecer la cantidad apropiada de agregado grueso en dicha mezcla para mejorar su rendimiento mecánico; y por último, determinar la proporción óptima de agregado fino requerida para maximizar el desempeño mecánico del pavimento. Las deducciones del estudio revelaron que la capa asfáltica exhibía un deterioro considerable al compararla con la granulometría de una mezcla asfáltica tipo MAC-2. Se concluyó que incrementar el porcentaje de cemento-asfalto en 4.1%, partiendo del 3%, al comienzo del proceso de lavado asfáltico, alcanzando un 7.1% de cemento-asfalto necesario. Adicionalmente, al examinar la curva granulométrica del comportamiento del pavimento reciclado, se identificó una carencia en el agregado grueso, particularmente en las fracciones superiores a la malla n.º 4, ya que no cumplía con los rangos establecidos. Para subsanar esta deficiencia, se incrementó agregado grueso en un 30%, En cuanto la metodología, con enfoque de investigación cuantitativo, nivel descriptivo.

Según Ramírez Fernando, (2020) el estudio tuvo como primer propósito examinar el impacto de la resina epóxica en el índice de plasticidad de un suelo; en segundo término, analizar el incremento de resina epóxica afecta las propiedades, y finalizando, estudiar cómo la adición de resina epóxica influye en el soporte del terreno. Las conclusiones del estudio mencionan que la incorporación de resina epóxica tuvo un efecto beneficioso en la estabilización del suelo. Al añadir un 6% de resina epóxica, se observó una mejora significativa en el valor de soporte C.B.R., alcanzando un 37.70% al 95% y un 45.3% al 100%. Además, máxima densidad seca 2.038 g/cm³ humedad optima 8.2%. El IP se redujo del 9% al 7%. El análisis del límite de consistencia mostró que el IP del suelo original era del 9%. Al agregar resina

epóxica en concentraciones del 2% y 4%, el IP redujo al 8%. Con un 6%, se redujo al 7%, mencionar los beneficios de la resina en la plasticidad del terreno en la Av. El Olivar. Para un 2% de resina epóxica, la MDS es de 2.030 g/cm³ y el OCH fue del 7.9%. Con un 4%, la MDS alcanzó los 2.047 g/cm³ y el OCH fue del 8.1%. Con el 6% de resina epóxica, la máxima densidad seca es de 2.038 g/cm³ y el óptimo contenido de humedad OCH del 8.2%.

Según Concha Jesus, (2022), el primer objetivo específico fue analizar la variación del límite de consistencia al añadir caucho granulado; en segundo, determinar la humedad de que incrementa la MDS y mejora la compactación, con el fin de evitar un bajo rendimiento del pavimento. Las conclusiones derivadas de estos objetivos fueron las siguientes: primeramente, la investigación evaluó el impacto del suelo cohesivo al emplear caucho granulado como estabilizador. Los resultados indicaron que el límite de Contracción aumenta al añadir caucho granulado, pero la MDS disminuye en conexión con el estado del suelo patrón. En cuanto al CBR en condiciones críticas (remojadas), se observó que la resistencia decrece con la inclusión de caucho granulado, lo cual no mejora adecuadamente el. En la segunda conclusión, se evaluó límite de Contracción, evidenciándose un aumento conforme se añadió caucho granulado. El suelo natural presentó un límite de Contracción del 21.08%, incrementando a 21.57%, 21.74%, y 24.95% con la conclusión de 2.5%, 5%, y 10% de caucho granulado, correspondientemente.

Según Sayuri Vargas & Grecia Tello, (2020), su estudio evaluó la incorporación de cal y cenizas, para verificar las características físicas y mecánicas del suelo de una vía rural en la región de Apurímac. Esta investigación se centró en la trocha AP557 Chumbibamba, ubicada en el distrito de Talavera, con el propósito de optimizar los aspectos de la subrasante. Los investigadores se propusieron tres objetivos específicos: evaluar cómo la mezcla de cal y cenizas afectaba el IP, determinar su influencia en el valor del CBR, y analizar la mejora general en la resistividad portante. Los hallazgos del estudio fueron notables, la adición de

una mezcla compuesta por un 18% de ceniza y un 2% de cal logró reducir el IP del suelo de 21 a 11, lo que representa una disminución del 47.6%. Esta reducción significativa en la plasticidad del suelo indica una mejora sustancial en su estabilidad y manejabilidad. Aún más impresionante fue el aumento en el índice CBR. El terreno en estado sin alteraciones presentaba un CBR de apenas 4.3%, lo cual indica una subrasante de baja calidad. Sin embargo, al incorporar una mezcla de 28% de ceniza y 2% de cal, el CBR se disparó hasta alcanzar un 63.4%. Este incremento extraordinario del 1374% transformó la calidad de la subrasante pobre.

Según Bustinza JoseAntonio, (2022) su investigación se orientó a buscar alternativas para mejorar la calidad del suelo en una importante avenida de Abancay, Perú. Esta indagación se centró en la estabilización de la subrasante utilizando una combinación poco convencional de cloruro de sodio, resina de pino. El investigador estableció una serie de objetivos escalonados para evaluar exhaustivamente el impacto de estos aditivos. Inicialmente, se caracterizaron las propiedades físicas y mecánicas sin alteración alguna. Posteriormente, se examinó cómo estas propiedades se modificaban con la inclusión de cloruro de sodio en concentraciones crecientes, seguido de un análisis similar utilizando resina de pino. El estudio culminó con la evaluación de una mezcla sinérgica de ambos estabilizantes. Los resultados revelaron discrepancias en la calidad del suelo a lo largo de la avenida. De las tres muestras analizadas, la denominada C-2 mostró las características menos favorables. La incorporación de cloruro de sodio al 5% demostró ser efectiva, elevando el índice CBR de la muestra C-2 de 9.80 a 14.50. Este incremento del 48% de CBR evidencia el potencial del cloruro de sodio como agente estabilizador. Sorprendentemente, la resina de pino emergió como un estabilizante aún más potente. Con una concentración del 6%, el CBR alcanzó un impresionante 18.30, representando un aumento del 87% respecto al valor original. Este hallazgo inesperado subraya el potencial de materiales naturales y sostenibles en la

ingeniería geotécnica. La metodología fue rigurosa, adhiriéndose a las directrices establecidas por el ministerio de trasportes y comunicaciones para la selección de puntos de muestreo y la realización de calicatas. Este enfoque meticuloso aseguró la representatividad de los especímenes y la fiabilidad de los hallazgos alcanzados.

Según Bautista Lizink, (2023) su investigación abordó una alternativa ecológica destinada a mejorar la calidad de las carreteras ubicadas en áreas con suelos arcillosos de difícil comportamiento. El estudio, centrado en la vía Pumamarca en San Sebastián, examinó el potencial de la resina de pino como agente estabilizador para optimizar las calidades de la subrasante. Luego, se analizó cómo la incorporación de resina de pino afectaba parámetros cruciales como la MDS, el OCH, el CBR y el nivel de compactación. Los hallazgos iniciales revelaron un suelo desafiante para la construcción vial. IP de 17.60%, El CBR original de 4.63% indicaba una subrasante de calidad insuficiente, planteando serios desafíos para la estabilidad y durabilidad de la vía. La aplicación de resina de pino mostró resultados prometedores. Se experimentó con concentraciones del 2%, 4% y 6%, observándose mejoras graduales en la densidad del suelo. La dosificación del 6% logró la mayor MDS (1.735 gr/cc), contenido óptimo al 13.65%, más significativo se produjo con la adición del 4%. un CBR a 10.32%, fundamentado en una metodología cuantitativa y aplicada, con un enfoque correlacional.

Según Zambrano Fredy, (2022) tiene como objetivo establecer las alteraciones en la densidad seca tras la inclusión de cenizas y el activador alcalino. Conclusión se evaluaron adiciones del 5%, 10% y 15% de ceniza, llegando a un CBR al 100% de la DMS de 3.50%, 10.37% y 19.30% respectivamente, en contraste con el 1.33% de la muestra sin aditivos, considerada muy deficiente según los estándares del MTC. La combinación de ceniza con NaOH como activador alcalino en las mismas proporciones generó una mejora aún más

notable, alcanzando valores de CBR de 15.50%, 26.90% y 38.50%. Esto demostró que el activador alcalino es más efectivo en la mejora del CBR en suelos de subrasante.

Ponce Edison & Segundo Heber, (2022) su indagación, primer objetivo específico, los investigadores se propusieron, en primer lugar, examinar la correlación entre el empleo del aditivo (CBR) de estas vías, y en segundo término, establecer la proporción ideal del aditivo para optimizar la calidad de los caminos. Se evidenció que una dosificación de 10 L/m³ produce un aumento considerable en esta capacidad. Además, se constató que la aplicación adecuada de Sika Dust Seal en estas vías genera efectos beneficiosos. Concretamente, una dosis de 10 L/m³ logró un CBR de 66.23%, lo que supone una mejora del 23.55% con respecto a las muestras sin tratamiento. Los resultados indicaron que la dosificación de 10 L/m³ ofrece los mejores resultados en comparación con las otras dosis. La metodología, se clasifica como enfoque cuantitativo, aplicada, nivel experimental.

Según (Huaraca Jose, 2021) tiene, objetivo primero calcular la proporción óptima de cal para optimizar los aspectos físicos del suelo arcilloso. Esta proporción debía maximizar el CBR, reducir la IP y incrementar la estabilidad del suelo, garantizando un mejor desempeño estructural. El segundo objetivo se enfocó en identificar la cantidad ideal de cal para potenciar las características mecánicas del terreno arcilloso, mejorando su UCS, capacidad de soporte y durabilidad, lo que resultaría en una base más sólida y resistente. Los hallazgos manifestaron que la inclusión de cal en cantidades de 4%, 8% y 12% mejoró de manera significante el CBR, 28.5%, 24.95%, 19.2%.

En cuanto a las propiedades físicas, se observó que las proporciones de cal no tuvieron un impacto significativo en los parámetros de limite consistencia. Muestra patrón IP 4.17%, con adición IP de 3.12%, 4.29%, 5.3%, respectivamente. Los límites líquidos fueron de 24.41% para el suelo natural y 26.05%, 26.075%, 27.475% los límites plásticos fueron 20.24% para el suelo natural y 22.93%, 21.79%, 22.18% la metodología empleada fue aplicada.

Según Guerra Miguel, (2022) en su tesis, el propósito principal es demostrar cómo influye el uso de (halita) para estabilizar el terreno de la vía. Un objetivo específico es determinar cómo la sal rosada afecta el LL, LP y el IP del suelo en dicha vía. Otro objetivo busca examinar el efecto de la halita en el OCH y el CBR Entre las conclusiones, se destaca que la inclusión de sal rosada reduce el LL del suelo, llegando a un mínimo de 37.90% con una dosis del 15%, en comparación con el 50.50% muestra patrón, indica disminución significativa en suelos arcillosos (SC). Además, se observó que incorporar halita en cantidades de 5%, 10% o 15% disminuye eficazmente el IP del suelo. Por último, se concluye que el dato de CBR incrementa del 9.96% al 58.64% al agregar Halita en 5%, 10% y 15%, con hallazgos específicos de 18.28%, 20.10%, 26.00% y 29.00%, evidenciando un creciente considerable el CBR comparado con el suelo sin tratar. La metodología empleada en este estudio se clasifica como aplicado, cuantitativo (enfoque) y experimental (diseño).

Según (Ortiz Claver, 2022) su investigación se enfocó en analizar el efecto de la ceniza de eucalipto (CE) sobre la estabilidad de la carretera. Para lograr este propósito, el investigador estableció tres objetivos específicos. El primero buscaba estimar la inclusión de ceniza de eucalipto influía en la reducción del OCH, un factor crucial para la estabilidad de la subrasante. El segundo objetivo se centró en analizar el efecto de este aditivo sobre los límites del suelo, otro aspecto fundamental para optimizar la estabilidad. El tercer objetivo consistía en evaluar cómo la ceniza de eucalipto afectaba favorablemente el soporte del suelo. Los investigadores experimentaron proporciones del 3%, 6%, 8%. Entre estas, la dosificación del 8% demostró ser la más efectiva. Los límites de consistencia también mostraron cambios favorables: el límite líquido disminuyó de 37.94% a 32.81%, el límite plástico se redujo de 26.67% a 23.38%, y el índice de plasticidad bajó de 11.28% a 9.44%. La compactación del suelo experimentó mejoras significativas con la inclusión de ceniza de eucalipto.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Sub rasante

Según MTC, (2014), pág. 130, se define como el estrato superior del terreno original. En la construcción de vías, se emplea una capa de hasta 45 cm de ancho.

Caracterización de la Subrasante

La capa superior la subrasante debe mantener una distancia mínima específica sobre el nivel freático. Para subrasantes de muy buena y buena calidad, esta distancia debe ser de al menos 60 cm. En el caso de subrasantes regulares, la separación aumenta a 80 cm. Cuando se trata de subrasantes pobres, se requiere un metro de separación, mientras que, para los muy pobres, la distancia se incrementa a 1,20 m. Si estas condiciones no se cumplen naturalmente, existen diversas soluciones. Entre ellas se incluye la instalación de sistemas de subdrenaje, la aplicación de capas que eviten la contaminación o mejoren el drenaje del suelo, o bien, la elevación del nivel de la rasante hasta conseguir la altura necesaria para cumplir con estos requisitos. (MTC, (2014), pág. 26)

Según, MTC, (2014), pág. 26 menciona los puntos de exploración se llevarán longitudinalmente en la vía.

Tabla 2.

Categoría de la subrasante

Categoría de subrasante	CBR		
S0 Inadecuada		< 3	
S1 Insuficiente	$\geq 3\%$	y	< 6
S2 Regular	$\geq 6\%$	y	< 10
S3 Buena	$\geq 10\%$	y	< 20
S4 Muy buena	$\geq 20\%$	y	< 30
S5 Excelente		$\geq 30\%$	

Nota. En la tabla muestra la categoría de la subrasante que están estandarizados entre inadecuado y excelente y los parámetros técnicos que debe cumplir respecto a la subrasante MTC, (2014), pág. 35

Tabla 3.

Puntos para exploración

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (m)	NUMERO MÍNIMO DE EXPLORACIONES	OBSERVACIÓN
VÍA EXPRESA: tráfico diario superior a 6000 vehículos, con vías divididas de dos o más carriles cada una	1.50 m bajo el nivel de la capa inferior proyectada	Vía de 2 carriles por dirección: 4 pozos x km x dirección Vía de 3 carriles por dirección: 4 pozos x km x dirección Vía de 4 carriles por dirección: 6 pozos x km x dirección Vía de 2 carriles por dirección: 4 pozos x km x dirección	Las calzadas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
VÍAS PRINCIPALES O MULTICARRIL: tráfico diario entre 4000-2001 vehículos, con una vía	1.5 m bajo el nivel de la capa inferior proyectada	Vía de 3 carriles por dirección: 4 pozos x km x dirección Vía de 4 carriles por dirección: 6 pozos x km x dirección	
VÍA SECUNDARIA: tráfico diario entre 4000-2001 vehículos, con una vía	1.5 m bajo el nivel de la capa inferior proyectada	· 4 pozos x km	
VÍA COLECTORA: tráfico diario entre 2000-401 vehículos, con una vía	1.5 m bajo el nivel de la capa inferior proyectada	· 3 pozos x km	Los pozos se distribuirán a lo largo de la vía y de forma alternada
VÍA LOCAL: tráfico diario entre 400-201 vehículos, con una vía	1.5 m bajo el nivel de la capa inferior proyectada	· 2 pozos x km	
VÍA DE BAJO TRÁNSITO: tráfico diario menor o igual a 200 vehículos, con una sola vía	1.5 m bajo el nivel de la capa inferior proyectada	· 1b pozos x km	

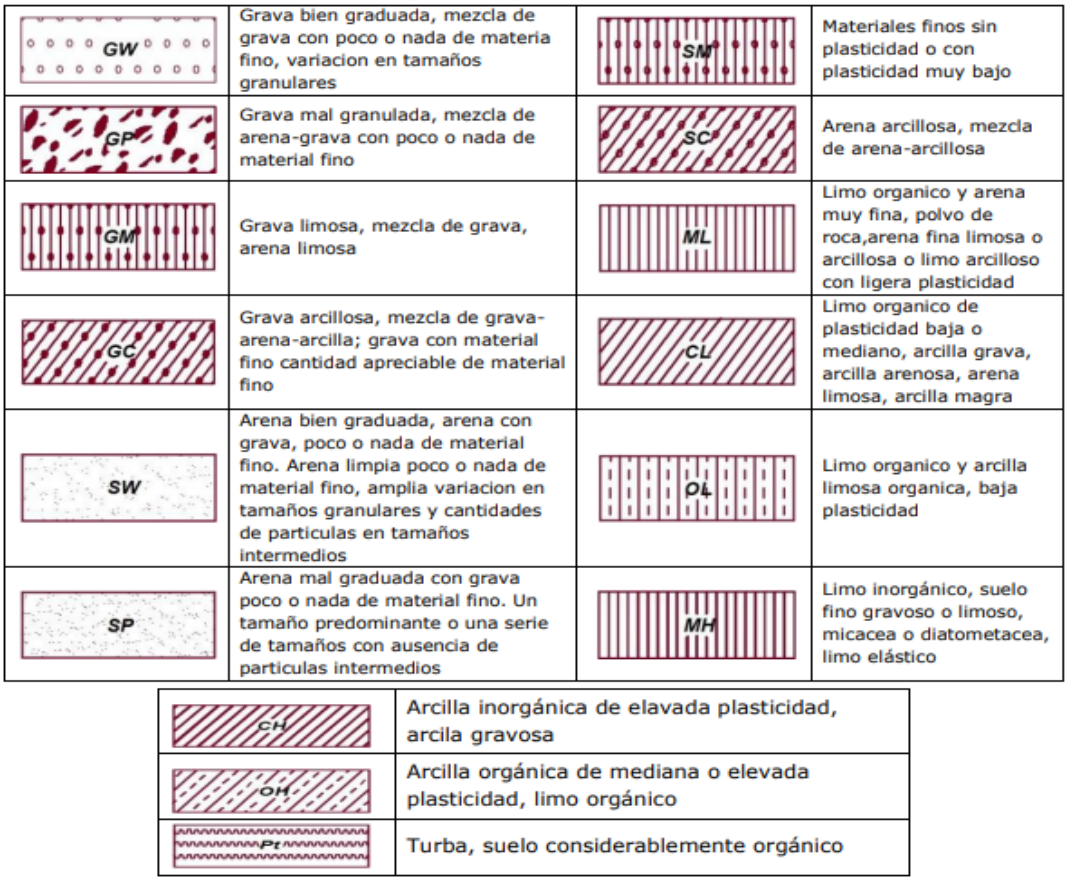
Nota. En la tabla nos muestra las limitaciones de exploraciones o calicatas de acuerdo al tipo de carretera y el número mínimo de exploraciones tanto las consideraciones técnicas que se debe tener en cuenta según la normativa. MTC, (2014), pág. 28.

3.2.2. Descripción de suelo

Según, (MTC, (2014)) menciona que los suelos identificados serán caracterizados y esta clasificación se realizará de forma obligatoria conforme a los sistemas AASHTO y SUCS.

Figura 2.

Signos convencionales parar perfil de calicatas.



Nota. En la figura muestra las signos o abreviaturas de la clasificación de suelos cuando son gravas, arenas y limos según la clasificación por SUCS y AASTHO que se estable según (MTC, (2014), pág. 30).

Son de suma importancia para su estratigrafía

3.2.3. Clasificación de los suelos

Según, (MTC, (2014), pág. 33) indica la clasificación de los suelos se tiene en cuenta la distribución de partículas, límites de consistencia.

Tabla 4.

Tipos de suelo AASHTO, SUCS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO M - 145	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS ASTM – D - 2487
A – 1 – a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A – 1 – b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Nota. En la tabla muestra la clasificación por el método SUCS y AASTHO donde viene códigos o abreviaturas para la clasificación de suelos para determinar sus características del material (MTC, (2014), pág. 33)

3.2.4. Estabilización mecánica de suelos

Según, (MTC, (2014), pág. 98) menciona, que es un proceso dinámico de mejorar las características del material presente sin modificar sus componentes. Se realiza mediante técnicas de reducir los espacios vacíos.

3.2.5. Estabilización química de suelos

Es técnica consiste aplicar un aditivo, conocido como estabilizador, que se mezcla uniforme y completa con suelo a tratar. (MTC, (2014), pág. 100)

3.2.6. Estabilización por mezcla de suelos

Este método implica que el suelo existente será desintegrado o escarificado hasta una profundidad de 15 cm, después de lo cual se incorporará el material de préstamo, se procederá a mezclar, conformar y compactar ambos suelos. (MTC, (2014), pág. 98).

3.2.7. Estabilizados con cal

Al mezclar manera homogénea suelo, cal y agua, que se produce mediante la calcinación materiales calcáreos, cal se denominan aéreas debido a su capacidad de endurecerse al mezclarse con agua. (MTC, (2014), pág. 101)

3.2.8. Estabilizados con cemento

Se elabora mediante la combinación un suelo, cemento y agua, después de este agrupamiento, se procede a comprimir y curar adecuadamente. Dicho transforma el suelo suelto en un material más duro y resistente. (MTC, (2014), pág. 102)

3.2.9. Estabilización con cloruro de calcio

Opera de forma análoga a la sal común, pero se prefiere su uso debido a que la sal común tiende a provocar oxidación. En contraste, el compuesto de calcio y cloro mejora la eficiencia de densificación y eleva la resistencia del terreno. Además, este producto previene el deterioro de la capa superficial y contribuye a mitigar la formación de partículas suspendidas en el aire. (MTC, (2014), pág. 107)

3.2.10. Estabilización con asfalto

Compuestos bituminosos se encuentran dispersiones de asfalto en agua la combinación de estos materiales con la muestra se efectúa en lugar y la selección del aglutinante depende de factores como las características de partículas de la muestra, su humedad y las características del clima local. La composición granular del suelo puede categorizarse como discontinua, continua con abundancia de partículas finas o continua con escasez de finos. A medida que se incrementa el área superficial específica de las partículas,

se requiere que el proceso de endurecimiento y separación del aglutinante sea más pausado para asegurar una integración homogénea de los componentes. En regiones con altas temperaturas, se sugiere utilizar productos de curado y rotura que sean más lentos, ya que tienden a tener mayor viscosidad (MTC, (2014), pág. 107).

3.2.11. Estabilización con geo sintéticos

Las geomallas se utilizan para reforzar o separar la capa base de pavimentos flexibles, incrementando el soporte y mejorando el desempeño estructural del pavimento. Además, los geotextiles pueden colocarse entre la subbase y la base para facilitar el drenaje, especialmente cuando hay dificultades de drenaje debido a una base densa o compacta, y asegurar un drenaje eficiente de la capa base (MTC, (2014), pág. 109).

Ensayos

3.2.12. Análisis granulométrico

Según normatividad ASTM 422. Este procedimiento describe la cuantificación de distribución granulométrica partículas del suelo mediante tamices mallas que empieza la malla N°2” hasta 74 mm (No. 200).

Figura 3.

Distribución de las partículas de graduaciones diferentes



Nota: En la figura muestra la distribución de las partículas de diferentes tamaños y características obtenidas del ensayo granulométrico mecánico, elaboración propia.

Los equipos

- Balanza electrónica
- Horno eléctrico

Materiales

- Tamices según el MTC
- Brocha y bandeja

Tabla 5.

Los tamices que será empleado según el MTC

Tamices	Abertura (mm)
2´´	50,800
1 ½´´	38,100
1´´	25,400
¾´´	19,000
3/8´´	9,500
N°4	7,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Nota. La distribución de mallas desde el tamiz de 2" hasta el tamiz N°200 con sus respectivos aberturas medidas en aberturas (mm) (MTC, (2014))

Muestras

- Dependiendo las características las partículas finas la muestra, se puede tamizar y analizar toda la muestra, o se puede tamizar y analizar una parte de la muestra después que las partículas finas se hayan separado mediante lavado en la malla 200.
- Para realizar la prueba, secado al aire.
- La muestra que queda en tamiz No. 4.

Procedimiento:

- Se mezcla la muestra en estado seco tratando de romper con un martillo de goma

- Se reduce por cuarteo de 5kg a 7kg aproximadamente y se procede a realizar el secado natural.
- En caso de que material residual permanezca en el cedazo, es necesario desprender estas partículas empleando un utensilio de cerdas, como un cepillo o escobilla. Este material desprendido debe recogerse con el resto del residuo visible. Al emplear un dispositivo mecánico de tamizado, se debe mantener en operación durante diez minutos.
- Se procede a pesar las muestras retenidas en cada una de las mallas 1 ½", 1", ¾", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°60, N°140, N°200 en la balanza de cesibilidad de 0.01gr.

Cálculos

- Se procede a encontrar el % de suelo que pasa por la malla N.º 200 de la siguiente forma:
- Se determina los % de arena fina, arena gruesa, agregados, grava y finos

Ecuación 1.

Caculo del porcentaje que pasa la malla 200

$$\%\ pasa\ \frac{peso\ total - peso\ retenido\ en\ el\ tamiz}{peso\ total} x100 \quad (1)$$

Ecuación 2.

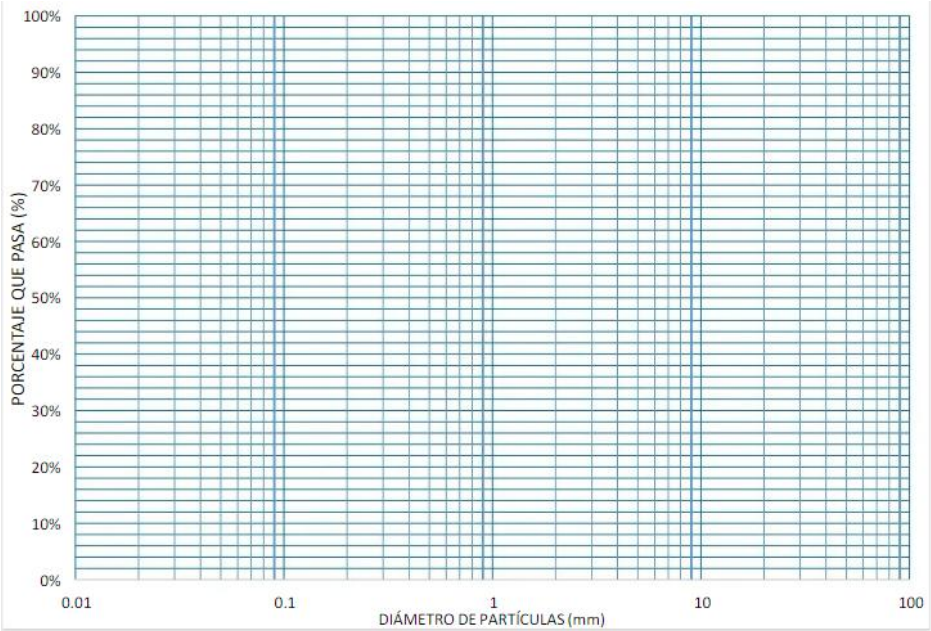
Caculo del porcentaje retenido

$$\%Retenido = \frac{peso\ retenido\ en\ el\ tamiz}{peso\ total\ de\ la\ muestra} x100 \quad (2)$$

Los resultados obtenidos se desarrolla un gráfico logarítmico donde el eje x estará representado por diámetro de tamices (mm) y el eje y tendríamos porcentaje que pasa (%)

Figura 4.

Tabla semilogarítmica



Nota. En la figura muestra tabla logarítmica vs porcentajes que pasa donde se realiza el grafico de la curva granulométrica mediante el método grafico para determinar su gradación del suelo según, Diaz Dany

3.2.13. Contenido de humedad

Según ASTM-D 2216, es la división del peso de agua de una masa de suelo entre al peso de las partículas sólidas.

D_{60}

El D60 se define como el diámetro de la partícula correspondiente al 60% del material retenido o pasado en un análisis granulométrico mediante un tamiz. (M.das, 2012)

D_{30}

El D30 es un parámetro granulométrico que representa el diámetro de partícula para el cual el 30% del material es más fino y el 70% es más grueso en un análisis granulométrico por tamizado. (M.das, 2012)

Figura 5.

Horno eléctrico



Nota. En la figura muestra horno eléctrico donde se realizaron el secado de la muestra C-1, C-2, C-3 a 110 ± 5 ºC, elaboración propia.

Equipos

- Dispositivo de secado eléctrico de 110°C, con una tolerancia de más o menos 5 grados.
- Balanza eléctrica con sensibilidad de 0.1gr con precisión de centésimas de gramo, adecuado para especímenes cuya masa no supere los 200 g.
- Contenedores fabricados en metal para almacenamiento y manipulación de muestras.

Procedimientos

- Identificar y marcar la calidad de los recipientes
- Selecciono una muestra de prueba representativa basándose en esta porción de prueba.
- Coloque la muestra húmeda en el recipiente y asegure la tapa.
- Utilice básculas para determinar el peso de contenedores y materiales húmedos.

Cálculos

Se determina.

Ecuación 3.

Cálculo del contenido de humedad

$$w = \frac{peso\ de\ agua}{peso\ de\ suelo\ secada\ al\ horno} x100 \quad (3)$$

Ecuación 4.

Cálculo del contenido humedad con muestras húmedas

$$w = \frac{Mcws - Mcs}{Mcs - Mc} x100 = \frac{Mw}{Ms} x100 \quad (4)$$

Donde:

W = Es el contenido de humedad

M_{CWS} = Suelo húmedo en granos

M_{CS} = Suelo secado en horno en gramos

M_c = El valor en gramos

M_W = Es el peso del agua en gramos

M_S = Es gr de las partículas sólidas en gramos

3.2.14. Límite liquido de los suelos

Según ASTM 4318. Para determinar el límite de consistencia de suelos.

Figura 6.

Equipos mecánicos



Nota. Muestra los materiales y equipos para la realización del ensayo de los límites de líquido, elaboración propia.

Equipos

- Recipiente para almacenaje metálico
- Cuchara de Casagrande
- Ranurador
- Una balanza eléctrica
- Gotero
- Copa porcelana
- Horno eléctrico

Materiales

- Espátula

Muestra

Se obtiene una muestra del suelo proporcionar 300g que pase malla Nº40.

Procedimiento

- Coloca una muestra de la tierra en el recipiente se agrega líquido. Luego se coloca el recipiente en el dispositivo, se presiona y se dobla hacia adentro. La parte más profunda, de unos 10 mm de profundidad, forma la superficie. El nivel es aproximado. Se tiene cuidado de evitar que queden burbujas de aire en la mezcla, utilizando la espátula lo mínimo.
- Se crea una ranura en la muestra utilizando una herramienta de ranurado. Alternativamente, se pueden cortar ranuras ligeramente más pequeñas y ajustarlas al tamaño final utilizando una espátula y la herramienta de nivelación de la máquina.
- Luego se vuelve a batir toda la muestra de suelo en el recipiente, agregando agua para incrementar la saturación y minimizar la cifra de golpes para cerrar la ranura.

Cálculos

Ecuación 5.

Cálculo del límite liquido

$$LL = W^n(\frac{N}{25})^{0.121} \qquad O \qquad LL = KW^n \qquad (5)$$

Donde:

N=numero de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

W^n =Contenido de humedad del suelo

K =Factor dad en la tabla

3.2.15. Limite plástico

Figura 7.

Equipos para realizar los ensayos



Nota. Los materiales y equipos donde se realizaron los ensayo del límite plástico, elaboración propia.

Equipos

- Espátula
- Una balanza eléctrica
- Vidrio esmerilado
- Horno eléctrico
- Varilla compactadora 1/8”

Muestra

- Por lómenos de 20grs del espécimen que haya pasado malla N°40.

Procedimiento

- Se moldea la mitad de la muestra hasta formar un elipsoide y luego se hace rodar con la palma de mano sobre el vidrio.
- Si la muestra no se desmorona antes de alcanzar 1/8" diámetro, se volverá a realizar el ensayo.

Cálculos

- Calcule limite plástico.

Ecuación 6.

Cálculo

$$limite\ plastico = \frac{peso\ de\ agua}{peso\ de\ suelo\ secado\ al\ horno} \text{x}100 \quad (6)$$

Ecuación 7.

Cálculo del índice de plasticidad

$$I.P = L.L - L.P \quad (7)$$

- Si ocurre que LL o el LP nos da valores menores que se dificulte con la obtención del resultado, el IP se informará como no plástico.
- Por otra parte, cuando el LP es mayor que el LL, por consiguiente, el IP se considera como NP

3.2.16. Ensayo proctor modificado

ASTM 1557. Ensayo de Proctor modificado

Método “A”

Cantidad de capas :5

Impactos por capa:25

Aplicación: Este método se emplea cuando el 20% o menos del peso del material queda retenido en malla (N°4)

Método “B”

Materiales: Se emplea el que pasa por la malla de 9.5 mm (3/8 pulg)

Numero de capas: 5

Golpes por capa: 25

Método “C”

Muestra: Se utiliza material que pasa a travez de una malla (3/4 de pulg)

Cantidad de capas: 5

Impacto por capa: 56

Figura 8.

Equipos de proctor modificado



Nota. En la figura muestra las herramientas y materiales para realizar el ensayo Proctor modificado. Elaboración propia

. **Equipos**

- Molde de 4”
- Pisón Manual

Materiales

- Regla metálica
- Tamices: 9,5 mm (⅜ pulg)
- Espátula

Muestra

- Sera necesario una muestra de alrededor de 16 kg (35 libras) para aplicar el método A.

Procedimientos

- Escoger el método A que se vaya a utilizar, pesar el molde con una exactitud de 1 gramo y registra el valor, verificando de que las paredes del molde y el collar estén bien alineadas.
- Verificar que el pisón funcione adecuadamente y que no tenga piezas sueltas o desgastadas.
- Sin secar previamente la muestra, pasar el material por el tamiz de 9,5 mm (⅜ pulgadas) y medir su humedad del suelo procesado.
- Tamizar aproximadamente 25 kg de suelo.
- Compactar el material en 5 capas de 56 golpes cada uno.
- Al terminar la última capa, retira el collar y la base.
- Para nivelar con una regla metálica la parte superior de la muestra
- Medir el peso espécimen con el molde y registra el dato con la precisión necesaria.
- Extraer una parte del material para analizar su contenido de humedad.

Cálculos

Ecuación 8.

Densidad Húmeda

$$\rho m = 1000x\frac{(Mt-Mmd)}{V} \qquad (8)$$

Donde:

ρm = Densidad húmeda (Mg/m^3)

Mt = Masa del espécimen húmedo más el molde (kg)

Mmd = Masa del molde de compactación (kg)

V = volumen del molde de compactación (m^3)

Ecuación 9,

Densidad seca del espécimen

$$\rho d = \frac{\rho m}{1+\frac{W}{100}} \quad (9)$$

Ecuación 10.

peso especifico

$$\gamma d = 62.43 \rho d \; en \quad lbf/pie^3$$

$$\gamma d = 9.807 \rho d \; en \quad kN/m^3 \quad (10)$$

Donde:

γd = peso unitario seco del espécimen.

Ecuación 11.

Contenido de agua saturada

$$Wsat = \frac{(\gamma w)(Gs)-\gamma d}{(\gamma d)(Gs)} x100 \quad (11)$$

Donde:

$Wsat$ = contenido de agua para una saturación completa (%)

γw = peso unitario del agua 9.807KN/m^3

γd = peso unitario seco del suelo

Gs = gravedad especifica del suelo

3.2.17. Ensayos CBR

La norma ASTM D 1883 establece la ejecución estándar para medir la capacidad del suelo.

Figura 9.

Equipos para el ensayo de CBR



Nota. En la figura muestra los equipos (prensa) llevar a cabo el ensayo de CBR, de elaboración propia.

Equipos

- Molde de metal
- Disco de metal.

- Pistón penetración de metal con, con un diámetro de 49,63 ± 0,13 mm (1,954 ± 0,005”) y un área de 19,35 cm² (3 pulg²).
- Balanzas eléctricas.

Materiales

- Estufa.
- Regla metálica
- Espátula

Muestra

- Cuando la muestra pase por la malla 3/4".

Procedimiento

Según lo indicado por (MTC, 2014) se requiere los siguientes pasos:

- Tomar una muestra de 6kg.
- Calcular la densidad máxima utilizando la prueba de compactación elegida.
- Medir la humedad natural se realizó mediante secado en horno una vez conocida, agregar agua hasta alcanzar la humedad requerida para la prueba.
- Para preparar las muestras, pese el molde con su base, coloque el collar y el disco espaciador y coloque un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro encima.
- Después de la preparación del molde, compactar el material en su interior mediante compactación dinámica. Aplicar 55, 26 y 12 golpes por capa, utilizando el contenido de agua correspondiente a la humedad óptima.
- Desarrollar curvas para 55, 26 y 12 golpes por capa en diferentes niveles de humedad para generar una serie de curvas que muestren la relación entre el peso específico, la humedad y la capacidad de carga.

- Después de la compactación, retire el collar y nivele la muestra con una regla. Rellene las depresiones que se hayan formado al retirar las partículas gruesas durante la nivelación con material fino, compactándolo con una espátula.
- Desarmar el molde y volver a ensamblar al revés, sin el disco, colocando un papel de filtro entre el molde y la base. Pesar y sumergir las muestras durante 4 días.
- Aplique carga al pistón de penetración de la prensa, manteniendo una velocidad de penetración constante de 1,27 mm (0,05") por minuto.

Cálculo

Ecuación 12.

Cálculo la cantidad de agua añadir a la muestra

$$\%\ de\ agua\ añadir = \frac{H-h}{100+h} x100 \quad (13)$$

Donde:

H=humedad calculada

h=humedad natural

3.3. Definición términos

3.3.1. La resina epóxica

La resina epóxica, conocida también como porcelanato líquido, es un tipo de polímero compuesto por grandes moléculas. Este material es termoestable, lo que implica que no cambia fácilmente con el calor. Normalmente, la resina epóxica se encuentra en estado líquido y viscoso, pero se solidifica al mezclarse con un catalizador o endurecedor. (INDECO SAC, 2024)

3.3.2. Suelos

Es una mezcla de materiales inertes de un sistema organizado con característica también tiene un perfil específico, lo cual tiene aplicaciones prácticas importantes. (BADILLO, 2005)

Según, (VILLALAZ, 2004) mencionan A. Rico y H. del Castillo el suelo como un conjunto de partículas minerales, que son el resultado de dos procesos que afectan a las rocas existentes.

3.3.3. Agregados

Llamado roca, material granular se refiere a cualquier mineral duro e inerte que viene hacer los agregados. (Anguilar & Infanzon , 2021)

3.3.4. Plasticidad

Se refiere a la resistencia de los suelos para deformarse sin fracturarse, hasta un cierto punto. (Ramirez, 2012)

3.3.5. Humedad natural

De acuerdo con (MTC, 2014) una característica relevante de los suelos es su humedad natural, ya que la resistencia de los suelos de subrasante, especialmente en los finos, está estrechamente relacionada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presentan.

3.3.6. CBR

Este procedimiento se emplea para medir la capacidad de resistencia de carga de suelos y bases de pavimento. (Geotecnia, 2022)

3.3.7. Limite plástico

Según lo indicado por (M.das, 2012), se describe el contenido de humedad, expresado en porcentaje, en cual el suelo se desmorona al enrollarse 1/8”.

3.3.8. Limite liquido

Se refiere al momento en que el suelo transita de un estado plástico a uno líquido. (M.das, 2012)

3.3.9. Índice de plasticidad

Según, (M.das, 2012, pág. 65), se calcula como la diferencia entre el LL-LP.

3.3.10. Compactación

Es el proceso de eliminación de los espacios vacíos, lo que requiere el aporte de energía mecánica. Durante la compactación, la incorporación de agua al suelo actúa como un ligante ablandador de las partículas, lo que les permite deslizarse unas sobre otras y reorganizarse en una configuración más densa. (M.das, 2012, pág. 91)

3.3.11. Densidad

Se define como la cantidad de masa presente en una unidad de volumen, excluyendo los espacios vacíos que pudiera tener. (Carlos Crespo, 1980, pág. 42)

3.3.12. Granulometría

Determinan el tamaño máximo del agregado que cada malla puede retener. (Departamento de Mecánica Estructural, 2005)

3.3.13. Viscosidad cinemática

Es una medida de la resistencia interna de un fluido se determina midiendo el tiempo, en segundos, que tarda un volumen fijo de fluido por gravedad a través de un capilar en un viscosímetro calibrado, bajo una temperatura estrictamente controlada (Noria Comuniacaion, 2020)

3.3.14. Viscosidad dinámica

Es una medida de la resistencia de un fluido a deformarse o fluir. Cuanto mayor es la viscosidad, más espeso y menos fluido será el líquido; por el contrario, cuanto menor es la viscosidad, más fluido será. (Flottweg, 2024)

4. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, Según, (Ramos, 2020) dicha en mención, se caracteriza de aplicación de los conocimientos adquiridos y la adquisición de nuevos conocimientos.

Diseño de investigación

El diseño es experimental, según, (Arias Jose & Covinos Mitsuo,, 2021) precisan que, se pueda realizar una manipulación intencionada de la variable independiente, pueden permitir comprobar hipótesis que expliquen el comportamiento de un determinado fenómeno.

Nivel de Investigación

Es de nivel explicativo según (Hernandez & Fernades & Bautista, (2019)) el investigador debe visualizar de manera práctica el estudio, responder las preguntas planteadas y cumplir con los objetivos de la tesis.

4.2. Ámbito temporal y espacial

Espacial

Encuentra vía vecinal, ubicada en el sector Moyocorral - Umaccata, Distrito de Tamburco Provincia de Abancay Región Apurímac.

Temporal

Se desarrollará de octubre 2023, los trabajos de laboratorio se realizarán en febrero de 2024.

Social

Dicha investigación beneficiara a los habitantes de la zona, trasportistas, transeúntes visitantes y comerciantes.

Conceptual

En relación al marco conceptual, esta investigación se centra en cómo la resina epóxica líquida reciclada influye en la resistencia del suelo.

4.3. Población y muestra

Población

Según (Irenzon, 2019, pág. 310) el conjunto de componentes que se conocen como unidades de análisis se denomina universo o población. Este grupo comprende a todos los individuos u objetos que cumplen con las características establecidas para el estudio.

Muestra

Según (Sampieri , Fernandez, & Baptista, 2010, pág. 175), en esta tesis es una muestra no probabilística se define como un subgrupo de la población.

Tabla 6.

Cantidad de ensayos a realizar.

% de Resina epóxica reciclada	Ensayo de CBR	Ensayo Limites de Atterberg	Ensayo de Proctor
5%	3	3	3
10%	3	3	3
15%	3	3	3
Sub total	18	18	18
Total	**54 especímenes**		

Nota. En la tabla muestra los porcentajes de adición de resina epóxica conjuntamente el ensayo de CBR y los limites de atterberg y el ensayo de Proctor, elaboración propia.

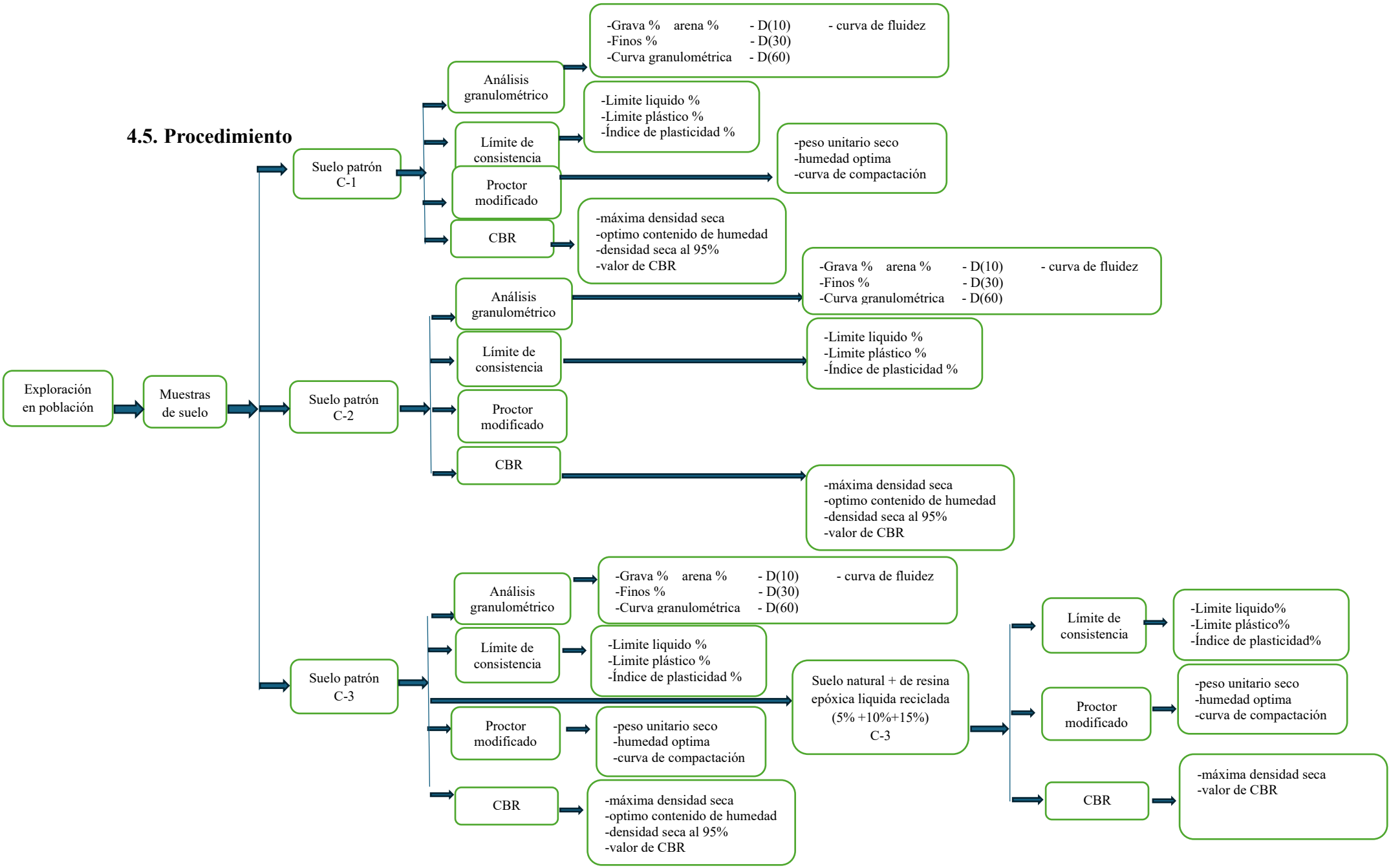
4.4. Instrumentos

Según (Sampieri , Fernandez, & Baptista, 2010, pág. 14) la recolección de datos se basa en instrumentos estandarizados, los datos obtenidos son mediante observación, medición documentación, se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiable.

Técnicas de Recolección de datos

La observación es una técnica que implica un proceso sistemático y consciente para recoger datos objetivos que son esenciales para abordar el problema de investigación. A través de la observación, el investigador anota directamente la información sobre el objeto de estudio tal como ocurre, sin intervenir en el fenómeno observado. (Irenzon, 2019, pág. 360)

4.5. Procedimiento



4.6. Análisis de datos

La estadística es la ciencia de la experimentación; el conocimiento de las Técnicas estadísticas ayuda a tratar datos experimentales y a programar experimentos de una forma más eficiente (La Madriz, 2019).

En esta investigación, se usará la estadística descriptiva, con el fin de interpretar el comportamiento de los materiales en sus diferentes ensayos mediante histogramas en sus diferentes formas.

Hipótesis Especificas

Tabla 7.

Significancia del límite liquido

		gl	F	Sig.
LL	Entre grupos	3	2.433	**0.0305**
	Dentro de grupos	2		

Nota. La significancia de 0.0305, menor 0.05, sugiere que existen diferencias estadísticamente elaboración propia.

Tabla 8.

Significancia del límite plástico.

		gl	F	Sig.
LP	Entre grupos	3	19.793	**0.048**
	Dentro de grupos	2		

Nota. La significancia de 0.048, que es inferior a 0.05, indica que existe una diferencia estadísticamente elaboración propia.

Tabla 9.

Significancia del índice de plasticidad

		gl	F	Sig.
IP	Entre grupos	3	0.609	**0.0670**
	Dentro de grupos	2		

Nota. La significancia de 0.0670, que es superior a 0.05, indica que no hay diferencias estadísticamente, elaboración propia.

Conclusión general

De acuerdo a los resultados de las hipótesis se puede determinar que la adición de la resina epóxica liquida reciclada influye favorablemente en el caso del Límite Consistencia.

Tabla 10.

Significancia proctor modificado.

		gl	F	Sig.
Proctor	Entre grupos	3	0.723	**0.625**
	Dentro de grupos	2		

Nota. La significancia de 0.625 es significativamente mayor que 0.05, lo que sugiere que no existe una diferencia estadísticamente elaboración propia.

Tabla 11.

Significancia de la humedad optima.

		gl	F	Sig.
Humedad Optima	Entre grupos	3	0.190	**0.895**
	Dentro de grupos	2		

Nota La significancia de 0.895 es superior a 0.05, lo que indica que no existe diferencia estadísticamente elaboración propia.

Conclusión general

De acuerdo a los resultados de las hipótesis se puede determinar que la adición de la resina epóxica liquida reciclada no influye favorablemente en el en la compactación; ya que, para el valor de la densidad máxima seca y la humedad optima la significancia es mayor a 0.05, superando la significancia requerida mínima.

Tabla 12.

Significancia de la humedad optima.

		gl	F	Sig.
CBR	Entre grupos	3	9.449	**0.097**
	Dentro de grupos	2		

Nota. La significancia es 0.097, lo que está por encima del umbral de 0.05 pero por debajo de 0.10. Esto sugiere una posible tendencia a la significancia elaboración propia.

Conclusión general

De acuerdo a los resultados de las hipótesis que la adición de la resina epóxica liquida reciclada influye favorablemente en el CBR, significancia está en el rango de 0.05 a 0.10, en contraste con la tendencia requerida mínima.

4.7. Consideraciones éticas

La investigación experimental es crucial para la generación de nuevos conocimientos, por lo tanto, es beneficiosa para otros investigadores, lo que resalta la importancia de adherirse a principios éticos en la publicación de estudios. En este contexto, esta investigación incluye información original, con un texto redactado, reduciendo el plagio y citando correctamente los conceptos de otros autores, reconociendo así su aporte. Además, se han utilizado datos y resultados reales obtenidos a partir de los ensayos realizados.

5. Resultados

5.1. Resultados del ensayo granulométrico

Tabla 13.

Análisis granulométrico del suelo (C-1, C-2, C-3)

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)		
		C-1	**C-2**	**C-3**
2"	50.800	94.80	100	100
1 1/2"	38.100	86.50	97.7	100
1"	25.400	77.50	92.5	99.6
3/4"	19.000	68.60	90.5	97.7
1/2"	12.700	63.00	88.00	92.3
3/8"	9.510	54.70	86.3	88.7
1/4"	6.350	51.10	81.5	81.4
#4	4.760	38.9	78.5	76.2
#10	2.000	29.8	67.6	61.10
#20	0.840	27.5	58.00	46.10
#30	0.590	24.4	55.4	41.40
#40	0.420	21.7	47.8	34.7
#60	0.250	18.8	43.8	29.5
#100	0.149	15.8	39.5	24.3
#200	0.074			19.90
Pasa #200				19.90

Nota. En la tabla muestra el resultado del ensayo granulométrico tamaños de las calicatas c-1, c-2, c-3 mediante mallas de tamices que viene hacer la distribución granulométrica de las partículas elaboración propia.

Tabla 14.

Resultados de la clasificación de suelos

Muestra		
	SUCS	**AASTO**
C-1	GS	A-2-4(0)
C-2	SC	A-4(0)
C-3	SC	A-2-6(0)

Nota. En la tabla muestra tipo de suelo de muestra C-1 mediante el SUCS y AASHTO se tiene (GS) una grava arcillosa una cantidad apreciable material fino y se encuentra del grupo de A-2-4 (0), (C-2) se tiene (SC) arena arcillosa y se encuentra del grupo A-4 (0), que viene hacer un tipo de material, suelos limosos (C-3) mediante (SC) arena arcillosa y se encuentra en el grupo A-2-6 (0), una grava arenosas elaboración propia.

5.2. Resultados del límite de consistencia

Tabla 15.

Resultados LL, LP, IP, MDS y CBR de las muestras

Muestra	L.L	L.P	I.P	MDS	CBR
C-1	27.7%	19.3%	8.4%	2.034	5%
C-2	28%	20.7%	7.4%	1.802	4%
C-3	36.7%	23.1%	13.6%	1.792	3%

Nota. En la tabla muestra dado los resultados obtenidos en laboratorio interpretados según (MTC, (2014)) C-1, C-2, C-3, se tiene IP (%) =8.4, 7.4, 13.6, las características son suelos arcillosos de plasticidad media, si existe la presencia de arcilla en estos suelos pueden ser un elemento riesgoso en la subrasante, debido a la sensibilidad con el agua elaboración propia.

Tabla 16.

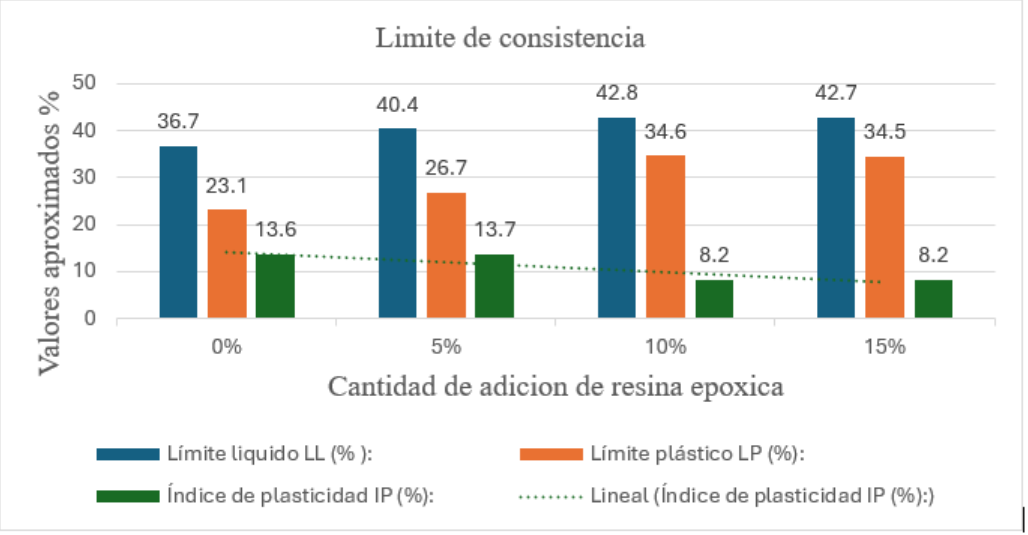
Resultados del límite de consistencia.

Resultados	0%	5%	10%	15%
Límite liquido LL (%):	36.7	40.4	42.8	42.7
Límite plástico LP (%):	23.10	26.7	34.6	34.5
Índice de plasticidad IP (%):	13.6	13.7	8.2	8.2

Nota. Con la adición de resina epóxica en proporciones de 5%, 10%, 15% se tiene los límites de atterberg con sus respectivos resultados del límite líquido, limite plástico, índice de plasticidad para posteriormente realizar el índice de plasticaida elaboración propia.

Figura 10.

Representación gráfica del límite de consistencia.



Nota. Se puede observar los siguientes resultados a partir de las adiciones de resina epóxica reciclada, 5%, 10%, 15% se dieron los siguientes resultados con respecto al límite líquido de 36.7%, 40.4%, 42.8%, 42.7%, respectivamente el límite plástico 23.10%, 26.7%, 34.65%, 34.5%, respectivamente el índice de plasticidad 13.60%, 13.7%, 8.2%, 8.2%, al interpretar el grafico se tiene que al agregar 5% de resina epóxica, el límite liquido se incrementó en un 3.7%, límite plástico se incrementó en 3.6% y el índice de plasticidad hubo un incremento de 0.1%, de la adición del 10% de resina epóxica liquida reciclada, el límite liquido se

incrementó de 2.4%, el límite plástico se incrementó del 7.9%, el índice de plasticidad hubo una reducción del -5.5%, en la adición de resina epóxica del 15% se tiene, limite plástico una reducción del -0.1%, en limite plástico se tiene una reducción del 0.1 elaboración propia.

5.3. Resultados de proctor modificado

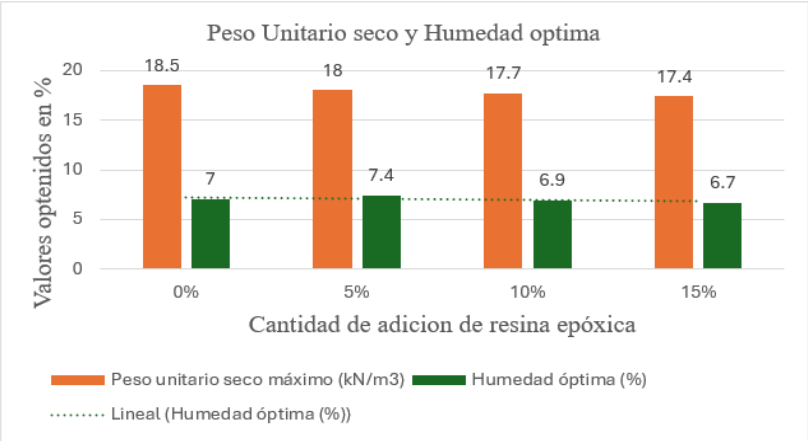
Tabla 17. *Resultados del proctor modificado.*

Resultados	**0%**	**5%**	**10%**	**15%**
Peso unitario seco máximo (kN/m3)	18.5	18	17.7	17.4
Humedad óptima (%)	7	7.4	6.9	6.7

Nota. En los resultados ensayo de Proctor modificado con proporciones de 5%, 10%, 15% muestra el peso unitario seco máximo y la humedad optima elaboración propia.

Figura 11.

Representación gráfica



Nota. Se puede apreciar los siguientes resultados a partir de las adiciones de resina epóxica reciclada, 5%, 10%,15% se dieron los siguientes resultados, peso unitario seco máximo, 18.5KN/m^3, 18KN/m^3, 17.7KN/m^3, 17.4KN/m^3, respectivamente se interpretó a medida que aumenta el porcentaje de la resina epóxica, el peso unitario seco máximo disminuye progresivamente. Suelo patrón de resina epóxica**,** el peso unitario seco máximo es el mayor

(18.5 kN/m³ o 1.886 kg/cm³), lo que indica que el suelo tiene su mayor densidad sin aditivos a medida que se añade más del aditivo, el peso unitario seco máximo disminuye: con 5%, es 18.0 kN/m³, con 10% es 17.7 kN/m³, y con 15% baja a 17.4 kN/m³.

Esto sugiere que el aditivo reduce la capacidad del suelo para alcanzar una alta densidad, lo cual podría deberse a una alteración en la estructura del suelo o en la forma en que los granos del suelo interactúan.

La humedad óptima aumenta ligeramente cuando se añade 5% de aditivo (de 7% a 7.4%), pero luego disminuye con porcentajes más altos (baja a 6.9% con 10% de aditivo y a 6.7% con 15%).

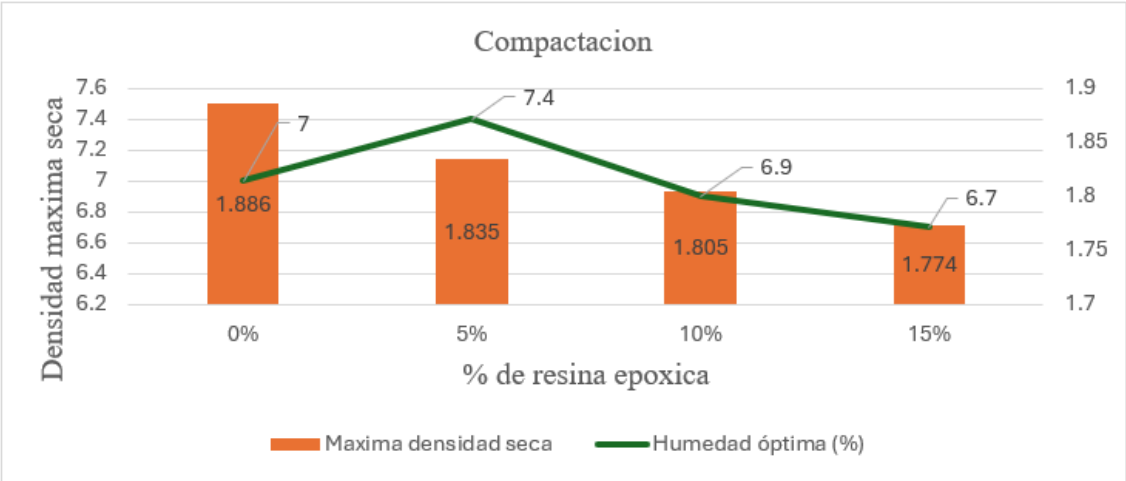
Esto significa que, con porcentajes más altos del aditivo, el suelo requiere menos agua para alcanzar su máxima compactación, lo que podría deberse a que el aditivo modifica las propiedades de absorción del suelo o reduce su capacidad para retener agua.

Disminución en la densidad: El hecho de que el peso unitario seco máximo disminuya a medida que se añade más del aditivo podría indicar que este aditivo reduce la capacidad del suelo para comprimirse de manera eficiente.

La humedad óptima sugiere que el aditivo está afectando la capacidad del suelo para compactarse a diferentes niveles de contenido de agua. La disminución de la humedad óptima con un mayor porcentaje del aditivo podría ser beneficiosa si se desea reducir el uso de agua en el campo, pero también podría implicar que el suelo es menos flexible en cuanto a sus propiedades mecánicas elaboración propia.

Figura 12.

Representación gráfica densidad máxima seca y humedad optima



Nota. Se puede observar los siguientes resultados a partir de las adiciones de resina epóxica reciclada, 5%, 10%,15% se dieron los siguientes resultados, densidad máxima seca, 1.886g/cm^3, 1.835g/cm^3, 1.805g/cm^3, 1.774g/cm^3, respectivamente se interpretó a medida que incrementa el porcentaje de la resina epóxica, densidad máxima disminuye progresivamente elaboración propia.

5.4. Resultado del CBR

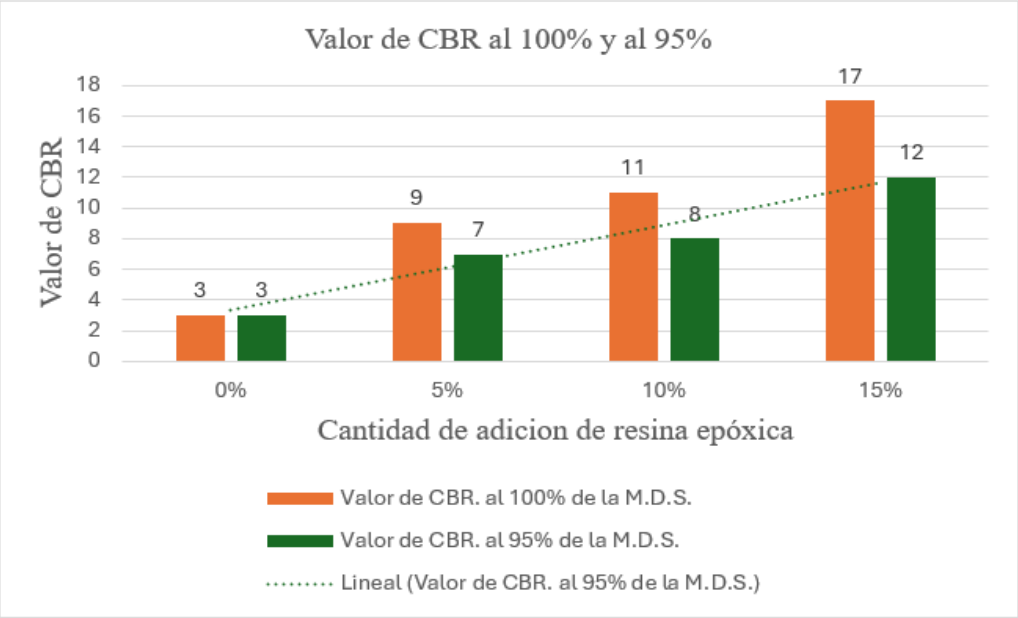
Tabla 18. *Resultados de CBR con adición de resina epóxica liquida reciclada*

Resultado	**0%**	**5%**	**10%**	**15%**
Valor de CBR. al 100% de la M.D.S.	3	9	11	17
Valor de CBR. al 95% de la M.D.S.	3	7	8	12

Nota. En los resultados del CBR muestran una adición de la resina epoxica liquida reciclada Se aprecia los resultados del ensayo en diferentes proporciones a un valor al 100%, al 95% de valor del CBR elaboración propia.

Figura 13.

Representación gráfica del CBR



Nota. Se puede apreciar a partir de las adiciones de resina epóxica reciclada, 5%, 10%,15% se dieron los siguientes resultados CBR al 100% M.D.S de suelo es 3%, 9%, 11% ,17 % respectivamente y tenemos que a un CBR al 95% M.D.S con adición de resina epóxica reciclada, 5%, 10%,15% de suelo es 3%, 7%, 8%, 12% respectivamente

La adición de resina epóxica mejora considerablemente el valor de CBR, especialmente cuando se incrementa hasta el 15%. Esto sugiere que el uso de resina epóxica como estabilizante tiene un impacto positivo en la resistencia del suelo compactado tanto al 100% como al 95% de la M.D.S elaboración propia.

6. Discusiones

El primer objetivo de este estudio, la resina epóxica líquida reciclada, límite de consistencia del suelo subrasante trocha carrozable, los resultados de la C-3 dieron a partir de las adiciones de resina epóxica reciclada, 5%, 10%, 15% se dieron los siguientes resultados con respecto al límite líquido de 36.7%, 40.4%, 42.8%, 42.7%, respectivamente,

el límite plástico 23.10%, 26.7%, 34.65%, 34.5%, respectivamente, el índice de plasticidad 13.60%, 13.7%, 8.2%, 8.2%. Estos hallazgos son consistentes con los resultados Según (Guerra Miguel, 2022) , En relación con la incorporación de sal rosada

Del suelo patrón de C-2 de adición de sal rosada, 5%, 10%, 15% dieron los siguientes resultados del LL se tiene, 50.50%, 46.60%, 40.50%, 37.90%, respectivamente, el LP se tiene, 27.20%, 25.60%, 25.20%, 22.70%, respectivamente y finalmente se tiene en el IP 23.50%, 21.00%, 15.30%, 15.20%, respectivamente se puede verificar que hay una disminución del índice de plasticidad, al aumentar dosificación de la resina epóxica liquida reciclada existe una disminución del índice de plasticidad al igual que la sal rosada a mayor porcentaje de dosificación una disminución del índice de plasticidad.

El primer objetivo de este estudio, la resina epóxica líquida, en el límite de consistencia del suelo subrasante trocha carrozable. Los resultados de la C-3 dieron a partir de las adiciones de resina epóxica reciclada, 5%, 10%, 15% se dieron los siguientes resultados con respecto al límite líquido de 36.7%, 40.4%, 42.8%, 42.7%, respectivamente, el límite plástico 23.10%, 26.7%, 34.65%, 34.5%, respectivamente, el índice de plasticidad 13.60%, 13.7%, 8.2%, 8.2%. Estos hallazgos son consistentes con los resultados según (Bustinza JoseAntonio, (2022)) en este trabajo de investigación tuvieron la incorporación de dos elementos, cloruro de sodio y resina de pino, que tuvo una reducción muy considerable con adiciones de 2%, 4%, 6%, 8% de CS teniendo un índice de plasticidad del suelo patrón de 10.20%, dando como resultado, 2.45%, 1.39%, 0.80%, 0.30%, respectivamente y la resina de pino, suelo patrón 10.20% y dando como un aporte, el índice de plasticidad 9.31%, 8.11%, 6.99%, 4.95%, se puede apreciar una reducción del índice de plasticidad en ambos elementos, el cloruro de sodio con mayor reducción mayor a resina de pino entonces en

nuestra trabajo de investigación que es adición de resina epóxica liquida reciclada, el índice de plasticidad reduce en cantidades menores al igual que la resina de pino.

El segundo objetivo, obteniendo densidad máxima seca con adicione de resina epóxica liquida reciclado en proporciones de 0%, 5%, 10%, 15%, se dio como resultado 1.886g/cm^3, 1.835g/cm^3, 1.805g/cm3, 1.774g/cm^3, respectivamente y la humedad optima se dio como resultado 7%, 7.4%, 6.9%, 6.7% se puede apreciar que disminuye de manera descendente (Celi Kevin, 2021) tubo la adición de tereftalato de polietileno, polipropileno y polietileno en proporciones de 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%, obteniendo que la densidad máxima seca, 1.677g/cm^3, 1.642g/cm^3, 1.617g/cm^3, 1.599g/cm^3, 1.578g/cm^3, 1.557g/cm^3 respectivamente se puede evaluar que existe una reducción de manera descendente a una mayor dosificación, la humedad optima de la misma manera dio como resultado 13.21%, 12.35%, 11.85%, 11.66%, 10.66%, 10.49%, respectivamente, de igual manera se observa una reducción de agua.

Los resultados mostraron una adición de resina epóxica , 5%, 10%,15% se dieron los siguientes resultados con respecto a la relación CBR (100 %) de suelo de 3%, 9%, 11% ,17 % respectivamente, con respecto a la relación CBR (95%) de suelo de 3%, 7%, 8%, 12% respectivamente, se pueda apreciar un incremento (Ramirez Fernando, (2020)) Los resultados del ensayo de proporciones de resina epoxi de 0%, 2%, 4%, 6%, respectivamente un CBR (100%) de suelo de 27.2%, 29%, 44.5%, 45.30% respectivamente, con respecto a la relación de CBR (95%) de suelo de 22.5%, 24.1%, 36.9%, 37.7% respectivamente en resumen, la incorporacion de resina epóxica reciclada mejora las propiedades del suelo.

7. Conclusiones

Conclusión del objetivo 01

Se verifico que la incorporación de resina epóxica líquida reciclada incide de manera positiva en la mejora de sus propiedades mecánicas, como se evidencia en la que el índice de plasticidad de suelo patrón es de 13.6% al 15% de adición de resina epóxica liquida reciclada hubo una reducción del 8.2% y el aumento de los límites de consistencia. Esto sugiere que suelo se vuelve más estable y menos susceptible a deformaciones bajo carga.

Conclusión del objetivo 02

Se verifico que la adición de la resina epóxica liquida reciclada, influye de manera, que no contribuye en las características mecánicas teniendo la densidad máxima seca con las proporciones de 5%, 1.835g/cm3 y la proporción de 15% de resina epóxica se tiene 1.774g/m3 se tiene una reducción de -0.06g/m3, la humedad optima con una adición de 5%, se tiene 7.4% y una proporción de 15%, se tiene 6.7% obteniendo una reducción de -0.7% de humedad se verifica notablemente una reducción la disminución, sugiere que la incorporación de la resina reduce la capacidad del suelo para ser compactado en su densidad máxima. Esto puede deberse a la naturaleza física de la resina, que tiende a actuar como un material que reduce la cohesión entre las partículas del suelo, a tener una dosificación de alta de resina epóxica en el suelo tiene menor capacidad de compactación debido a que está actuando como una barrera para absorber el agua.

Conclusión del objetivo 03

Se verifico la adición de resina epóxica líquida reciclada es determinante de manera positiva en el suelo subrasante mejora su capacidad de soporte, reflejada en el incremento del CBR tanto al 100% como al 95% de la máxima densidad seca.

En particular, al aumentar el porcentaje de resina a 15%, se observa un incremento sustancial, alcanzando hasta 17 al 100% de M.D.S. y 12 al 95% de M.D.S. Esto demuestra que la resina epóxica actúa como un estabilizador efectivo, mejorando las cualidades del suelo.

Conclusión del objetivo general

Se averiguo que la adición de resina epóxica liquida reciclada influyo de manera favorable en las propiedades físico mecánicas de suelo subrasante verificándose mediante los ensayos de límite de consistencia, compactación, capacidad de resistencia relativa.

8. Recomendaciones

Recomendaciones Nro. 01

Dado que las características del suelo varían según su composición, se aconseja realizar estudios adicionales sobre la influencia de la resina epóxica en diferentes tipos de suelos (arcillosos, limosos, arenosos), para generalizar los beneficios observados en esta investigación.

Recomendación Nro. 02

Se sugiere optimizar la proporción de resina para encontrar un balance entre mejora en propiedades físicas y mantenimiento de una densidad adecuada, así mismo es importante ajustar los procedimientos de obra para evitar un exceso de agua durante la ejecución. Se debe realizar un control adecuado de la humedad del suelo para asegurar una compactación eficiente.

Recomendación Nro. 03

Se recomienda utilizar algún otro insumo que complemente y se adherente a la resina epóxica liquida para mejorar las cualidades suelo, especialmente en proyectos viales. Este porcentaje maximiza el valor del CBR, lo que se traduce en una mayor capacidad de soporte del suelo y por ende, una mejora la durabilidad de la vía. Asimismo, es importante realizar pruebas preliminares en campo para ajustar el porcentaje de adición en función de las condiciones específicas del suelo en el lugar del proyecto.

Referencias

Arce & Calle. (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*: *Universidad Nacional de San Agustín* .

Ponce Torres E., & Segundo Velasques , H. (2022). *Aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.* Universidad Micaela Bastidas de Apurimac.

Aguilar, A. e Infanzón, R. (2020). *Aprovechamiento de material de pavimento asfáltico envejecido para reciclaje en caliente y reutilización en mezcla asfáltica en caliente.* [Tesis de pregrado]. *Repositorio de la Universidad Ricardo Palma. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3689/CIV-T030_77706377_T%20%20%20AGUILARSARAVIA%20ANGIE%20CAROLINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

Amaro Molina, Z. G., & Capcha Poma, P. V. (2021). *Diseño de pavimento flexible ambientalmente sostenible con subrasante estabilizada mediante la adición de caucho triturado según Aashto-93 En El Tramo Kimbiri Capital – C.P. Kimbiri Alto. Universidad Ricardo Palma. file:///C:/Users/Macbook%20Air/Downloads/T030_77439169_T%20%20%20AMARO%20MOLINA%20ZULEITH.pdf*

Arango, J., & Marín, K. (2021). *Estabilización de la Subrasante Utilizando Puzolana y Vidrio Reciclado, para el Diseño del Pavimento Rígido, Viñaca – Ayacucho, 2021. Lima: Repositorio de la Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82612*

Arias Jose & Covinos Mitsuo,. (2021). *Diseño y metodología de la investigación.* Enfoques Consulting EIRL.https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260

BADILLO, J. (2005). *Mecanica de suelos* . Mexico: limusa s.s de c.v grupo noriega aditores.

Balbin , Robinson; Chonchon, Victor;. (2019). *Repositorio.usmp.edu.pe.* https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6001/balbin_ar-chochon_gvh.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Balbin, R. y Chochon, V. (2019). *Diseño de mezcla asfáltica con material riclado para la mejora del comportamiento mecánico del pavimento en el tramo KM 90+000 al KM 95+000 de la carretera canta a Huayllay ubicado en el distrito y provincia de Canta en el departamento de Lima 2019.* [Tesis de pregrado]. Repositorio de la Universidad San Martin de Porres. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6001/balbin_ar-chochon_gvh.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bautista Lizink, G. (2023). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas delsuelo arcilloso con resina de pino de la subrasante de carretera Pumamarca del distrito de San Sebastián, Cusco.* Cusco.

Bautista Rafael, L. G. (2023). *Mejoramiento De Las Propiedades Mecánicas Del Suelo Arcilloso Con Resina De Pino De La Subrasante De Carretera Pumamarca Del Distrito De San Sebastián, Cusco.* Universidad Continental .

Bustinza JoseAntonio. (2022). E*stabilización de suelos incorporando cloruro de sodio y resina de pino en subrasante de la Avenida Santo Domingo, Abancay 2022 Universidad Cesar Vallejo* https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/101108/Serrano_BJ-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y

CAF IMPACTO. (2024). *Banco de desarrollo de America Latina y el caribe https://www.caf.com*. https://www.caf.com:

https://www.caf.com/es/especiales/impacto-caf/areas-de-accion/carreteras/

Crespo Carlos. (1980). Mecanica de suelos y cimentaciones.

Limusa S.A de C.V Grupo Noriega Editoriales Balderas 95, Mexico, DF:C.P 06040

https://books.google.com.pe/books?id=Db2SQbBHVPQC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false

Casimiro Cocha, V. J., & Melgarejo Saturio, K. S. (2022). *Suelo Cohesivo estabilizado con Caucho Granulado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de una subrasante en zonas rurales.* Universidad Ricardo Palma , Lima . file:///C:/Users/Macbook%20Air/Downloads/luyo_vs-tello_sgj.pdf

Celi Kevin Adrian. (2021). *Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y polietileno (PE).* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato .https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376

Concha Jesus. (2022). *Suelo Cohesivo estabilizado con Caucho Granulado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de una subrasante en zonas rurales*. *Universidad Ricardo Palma*

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/6097/T030_76176032_T%20KEVIN%20SAUL%20MELGAREJO%20SATURIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Departamento de Mecánica Estructural. (2005). *Analisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75 μm) en agregado mineral por lavado.*

Fredy , G., & Zambrano, S. (2022). *Análisis comparativo de la capacidad de soporte a nivel de subrasante en suelos arcillosos incorporando ceniza de Saccharum*

Officinarum y activador alcalino en la trocha carrozable Sahuanay – Umaccata Tamburco Abancay 2021. Abancay: Universidad tecnológica de los Andes.

Frozi , F. c. (2019). *"Utilização de emulsão asfáltica em un solo de caxias do sul/rs para fins de estabilização e uso em subleito de pavimentos".* caxias: universidade de caxias do sul centro de ciências exatas e tecnologia curso de engenharia civil.

Garcia Castillo, E. M. (2023). *"Influencia de la adición de cal hidratada sobre la plasticidad, densidad máxima y valor de relación de soporte de california (cbr) en la carretera Mostazas-Chocán, provincia de Ayabaca-Piura-2022".* Universidad Privada Antenor Orrego .https://hdl.handle.net/20.500.12759/11125

Garcia Rodrigues. (2019). *Estudio de la técnica de suelo-cemeto para la estabilización de vías terciarias en colombia que posean un alto contenido de caolín*. Colombia.

Gonzales, J., & Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodologia de la investagacion*.

Primera edicion digital Hecho en Deposito legal en la Biblioteca nacional del Perú N°2021-05553

Guerra Miguel. (2022). *Aplicación de la sal rosada halita para la estabilización del suelo en la vía de evitamiento Abancay Apurímac 2021*.

Universidad Cesar Vallejo

file:///C:/Users/DELL%20USER/Downloads/Valente_GM-SD%20(2).pdf

Guzmán, D. H. (2021). *Use of recycled asphalt pavement aggregate for a rigid pavement.* *Ingeniería, investigación y tecnología*(22).

teehttps://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432021000100005&script=sci_abstract&tlng=en

Hayann, M. (2019). *Estabilização de solos de subleito de pavimentos com a utilização do resíduo de corte de mármore granito (rcmg).*

Instituto federal de Educação, ciência e Tecnologia da paraíba

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ifpb.edu.br/bitstr

eam/177683/1300/1/TCC%20-%20Hayanne%20Mac%C3%AAdo%20de%20Mello.pdf

Hernandez & Fernades & Bautista. (2019). *Metodología de la investigación. México: MC Graw Hill. https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf*

Huaquisto Samuel. ((2015)). Efecto del aceite residual de vehuculos motorizados en los factores fisco mecanicos del suelo fino. *Universidad Nacional del Altiplano* *extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/272/EPG830-00830-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

Huaraca Jose. (2021). *"Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay – Apurímac, 2021".* *Universidad Cesar Vallejo* *https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01*

Indeco SAC. (2024). MEC8243 Resina Epoxica.

Irenzon, S. (2019). *Pasos para elaborar la investigacion y la redaccion de la tesis universitaria.* *Editorial lima 2020*

La Madriz, J. (2019). *Metodología de la investigación. actuación humana orientada al conocimiento de la realidad observable*. CIDE.https://repositorio.cidecuador.org/bitstream/123456789/75/1/Metodologia%20de%20la%20Investigacion.pdf

Landa , J., & Torres, S. (2019). *Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal* . *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas* *http://hdl.handle.net/10757/626177*

M.das, B. (2012). *Fundamentos de ingenieria geotecnica.*

Editorial Cengage Learning

https://www.sancristoballibros.com/libro/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica_52458

Macêdo De Mello Hayanne. (2019). *Estabilização de solos de subleito de pavimentos com a utilização do resíduo de corte de mármore e granito (rcmg).* paraíba:

Instituto federal de educação, ciência e tecnologia da paraíba.

https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1300

Medina Mendoza, J. A., Bolaños Cruz, M. J., & Sánchez Estrada, H. M. (2016). *Estudio de propiedades mecánicas a partir de la adición de arcilla natural sin modificación, en una resina epóxica.”.*

Centro de investigación en materiales avanzados, s.c.

https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/754

MTC. (2008). *"Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito".*

Editorial lima Perú marzo del 2008

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf

MTC. (2014). *"Manual de carretera, suelos, geologia, geotecnia y pavimentos*.

Servicios Gráficos Squadrito EIRL Jr. Huaraz 524 Breña Julio 2014 Lima – Perú Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú

chromextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_7%20sggp-2014.pdf

Norella, P. L., & Vasques, L. A. (2020). *Estudio de una sub base granular estabilizada con material tratado por la empresa geoambiental aplicado a vías terciarias.* universidad católica de colómbia , bogotá.

https://hdl.handle.net/10983/25929

Ortiz Claver. (2022). *Adición de ceniza de eucalipto para mejorar la estabilidad .* *Universidad Cesar Vallejo* *https://hdl.handle.net/20.500.12692/91902*

Perez, N., & Vasquez, A. (2020). *Estudio de una sub base granular estabilizada con geoestab aplicado a vías terciarias.* *Universidad Católica de Colombia* *https://hdl.handle.net/10983/25929*

Ponce Edison & Segundo Heber. (2022). *Aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para vías no pavimentados en el tramo Antarumi – San Mateo, Tintay, Aymaraes – Apurímac.* *Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac* *https://hdl.handle.net/20.500.14195/140*

Ramires Dias , F. (2020). *Resistencia del concreto f'c= 210 Kg/cm2, sustituyendo grava por residuos de conchas de abanico 3% ,7% y 11%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020* *Universidad Cesar vallejo* *https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65836*

Romo, A. Y. (2022). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo granular con biochar en la base-provincia de huancayo.* *Universidad peruana los andes* *file:///C:/Users/DELL%20USER/Downloads/T037_75985850_T%20(2).pdf*

Sambrano Fredy. (2021). *"Análisis comparativo de la capacidad de soporte a nivel de subrasante en suelos arcillosos incorporando ceniza de Saccharum Officinarum y*

activador alcalino en la trocha carrozable Sahuanay – Umaccata Tamburco Abancay 2021". Abancay.

Universidad Tecnológica de los Andes

https://hdl.handle.net/20.500.14512/478

Sampieri Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la investigación.*

respecto a la quinta edición por: mcgraw-hill / interamericana editores, s.a. de c.v. A Subsidiary of The McGraw-Hill Companies, Inc.

Prolongación Paseo de la Reforma 1015, Torre A, Piso 17, Colonia Desarrollo Santa Fe, Delegación Álvaro Obregón.

C.P. 01376, México D.F. Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736

https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008

Silvia, A., Teresa, M., & Cauhape, M. (2006). *Geologia y Geotecnica.*

Lima 2018

chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/a-03-geologiageotecnia.pdf

Tacca Huaracca Jose Antonio. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay – Apurímac, 2021.*

Universidad Cesar Vallejo.

https://hdl.handle.net/20.500.14512/152

Torres, R., Flores, P., Flores, M., Flores, V. y Mairon, K. (2020). *Asphalt mixes with recycled construction and demolition materials for pavement repair. Revista Ingeniería Civil*, 50-55. doi:10.35429/JCE.2020.12.4.50.55

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes