UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023

Asesor:

Ph. D Vásquez Ramírez, Abbon Alex

Autores:

Gamarra Challco, Denilson Manuel

Pedraza Huamán, Greisy

Para optar el Título Profesional: Ingeniero civil

Abancay – Apurímac – Perú
2025

Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 045

En la ciudad de Abancay, a los **22** días del mes de **enero del 2025**, siendo las **11:00 am** horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral **N° 026-2025- EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **13** de **enero** del **2025**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente	:	MSc. Ing. Maldonado Mendívil, Angel
Dictaminante	:	Dra. Vera Teves, Rosa Marina
Replicante	:	Mag. Cayo Baca, Holguer

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay - 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Gamarra Challco, Denilson Manuel

Br. Pedraza Huaman, Greisy

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 (**)
Gamarra Challco, Denilson Manuel	**Aprobado**
Pedraza Huaman, Greisy	**Aprobada**

Siendo **las 13:00pm horas** concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

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

Dictaminante: Dra. Vera Teves, Rosa Marina (.....)

Replicante: Mag. Cayo Baca, Holguer (.....)

Abancay 14 de julio del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 302

(*): **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.

Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	24%	5%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	14%
2	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%

Metadatos

Datos del autor		
Apellidos y nombres	:	Gamarra Challco, Denilson Manuel
		Pedraza Huaman, Greisy
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	75336453
		73896416
URL ORCID URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0007-1416-2317 https://orcid.org/0009-0007-2565-0594
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Vásquez Ramírez, Abbon Alex
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Número de documento de identidad	:	06532658
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-7299-5367
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniera Civil
Línea de investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible - Geotecnia
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2023 al 2024
Fuente de financiamiento	:	Propia
Porcentaje de similitud	:	24%
URL de OCED	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

Dedicatoria

A Dios Por darme el privilegio de la vida. A mi familia por haberme guiado y dado la fortaleza necesaria para lograr mis objetivos. A mi tío, Claudio Gamarra que en paz descanse, por haberme inculcado la dedicación y voluntad para poder perseguir mis sueños, hoy te dedico a ti este triunfo.

Denilson Manuel Gamarra Challco

A dios todopoderoso por darnos fortaleza para cumplir nuestros objetivos. A mi familia y en especial consideración a mi madre por haber guiado mi camino en cada uno de mis metas. A mi hermano mayor por cada día haberme impulsado en este camino para ser un gran profesional.

Greisy Pedraza Huamán

Agradecimiento

A Dios todopoderoso por concedernos salud, sabiduría y especialmente por iluminar nuestros caminos y darnos la fortaleza necesaria para afrontar y vencer los obstáculos que se nos presentaron en todo este largo camino que un día decidimos tomar.

A nuestros padres y familiares por haber estado siempre ahí para nosotros brindándonos su apoyo incondicional en los mejores momentos de nuestra etapa universitaria, pero sobre todo por haber estado siempre presentes en los peores momentos.

A la Universidad Tecnológica de los Andes, nuestra alma mater, y a cada uno de los docentes e ingenieros que durante todos estos años de esfuerzo y dedicación nos brindaron todos los conocimientos y valores necesarios para poder tener una excelente formación profesional.

A nuestro asesor de tesis, Ph. D Vásquez Ramírez, Abbon Alex, por los conocimientos, recomendaciones y dedicación mostrada para el desarrollo de nuestra tesis.

Y finalmente a nuestros compañeros de estudio y amigos por haber compartido parte de sus vidas con nosotros, cada uno de ellos formaron parte de este maravilloso camino de formación profesional.

Denilson Manuel Gamarra Challco

Greisy Pedraza Huamán.

Resumen

La presente tesis titulada “Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023”, plantea como objetivo general determinar la influencia al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

En la zona de estudio se realizaron 03 calicatas en la zona no pavimentada del cual se recolectaron 03 muestras de suelo para realizar los ensayos de Limites de Atterberg, Proctor modificado y CBR respectivamente. Una vez realizado todos los ensayos mencionados se escogió la muestra con mayor índice de plasticidad, en este caso el espécimen de suelo de la calicata N°01 presentó un índice de plasticidad de 13.33%. Las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera se aplicaron al espécimen de suelo de la calicata N°01 en proporciones de 5%, 10% y 15%. Con los resultados obtenidos se concluye que la dosificación óptima para utilizar las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera como agentes estabilizantes es de 10%, debido a que en ese porcentaje existe una optimización en las propiedades físicas y mecánicas que exhibe el suelo bajo análisis.

Palabras claves: Enzimas orgánicas, caña de azúcar, aloe vera, estabilización, suelos arcillosos

Abstract

This thesis entitled "Influence of the addition of sugar cane and aloe vera enzymes for stabilization in clay soil for pavement, Av. Vista Alegre, Abancay - 2023", aims as a general objective to determine the influence of adding sugar cane and aloe vera enzymes for stabilization in clay soil for pavement, Av. Vista Alegre, Abancay - 2023.

In the study area, 03 pits were made in the unpaved area from which 03 soil samples were collected to carry out the Atterberg Limits, modified Proctor and CBR tests respectively. Once all the aforementioned tests were carried out, the sample with the highest plasticity index was chosen. In this case, the soil specimen from pit No. 01 presented a plasticity index of 13.33%. The organic enzymes from sugar cane and aloe vera were applied to the soil specimen from pit N°01 in proportions of 5%, 10% and 15%. With the results obtained, it is concluded that the optimal dosage to use the organic enzymes of sugar cane and aloe vera as stabilizing agents is 10%, because in that percentage there is an optimization in the physical and mechanical properties exhibited by the soil under analysis.

Keywords: organic enzymes, sugar cane, aloe vera, stabilization, clay soils.

Índice General

Portada i

Metadatos iv

Dedicatoria v

Agradecimiento vi

Resumen vii

Abstract viii

Índice General ix

Índice de tablas xi

Índice de figuras xv

Índice de anexos xviii

I. Introducción 19

II. Planteamiento del problema 20

2.1. Descripción y formulación del problema 20

2.2. Objetivos 23

2.2.1. Objetivo general 23

2.2.2. Objetivos específicos 24

2.3. Justificación e importancia 24

2.4. Hipótesis 25

2.5. Variables 26

III. Marco teórico 28

3.1. Antecedentes 28

3.2. Bases teóricas 34

3.3. Definición de términos 44

IV. Metodología 51

4.1. Tipo y nivel de investigación 51

4.2. Ámbito temporal y espacial 51
4.3. Población y muestra 52
4.4. Instrumentos 52
4.5. Procedimientos 53
4.6. Análisis de datos 53
4.7. Consideraciones éticas 73
V. Resultados y discusión 74
VI. Conclusiones 123
VII. Recomendaciones 125
VIII. Referencias 126
IX. Anexos 136

Índice de tablas

Tabla 1 Fallas en la Av. Vista Alegre, Km 00+000 - km 00+400, evaluado mediante la observación. 22

Tabla 2 Penetración para la lectura 42

Tabla 3 Prueba de hipótesis específica 1 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 55

Tabla 4 Prueba de hipótesis específica 1 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 57

Tabla 5 Prueba de hipótesis específica 1 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 59

Tabla 6 Prueba de hipótesis específica 2 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 61

Tabla 7 Prueba de hipótesis específica 2 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 63

Tabla 8 Prueba de hipótesis específica 2 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 65

Tabla 9 Prueba de hipótesis específica 3 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 67

Tabla 10 Prueba de hipótesis específica 3 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 69

Tabla 11 Prueba de hipótesis específica 3 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 71

Tabla 12 Ubicación de calicatas 74

Tabla 13 Perfil estratigráfico calicata 01 (C-01) 78

Tabla 14 Perfil estratigráfico calicata 02 (C-02) 79

Tabla 15 Perfil estratigráfico calicata 03 (C-03) 80

Tabla 16 Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo – calicata N°01 83

Tabla 17 Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo – calicata N°01 84

Tabla 18 Ensayo de compactación muestra de suelo – calicata N°01 85

Tabla 19 Contenido de humedad muestra de suelo – calicata N°01.....85

Tabla 20 Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo – calicata N°01 86

Tabla 21 Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo – calicata N°01.....87

Tabla 22 Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo – calicata N°01 88

Tabla 23 Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo – calicata N°02 91

Tabla 24 Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo – calicata N°02 92

Tabla 25 Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo – calicata N°03 94

Tabla 26 Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo – calicata N°03 95

Tabla 27 Resumen de resultados de laboratorio para el suelo en estado natural de las 03 calicatas 96

Tabla 28 Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 97

Tabla 29 Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 97

Tabla 30 Ensayo de compactación muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.....98

Tabla 31 Contenido de humedad muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.....99

Tabla 32 Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 100

Tabla 33 Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 101

Tabla 34 Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 102

Tabla 35 Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 104

Tabla 36 Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 105

Tabla 37 Ensayo de compactación muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas..... 106

Tabla 38 Contenido de humedad muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas..... 106

Tabla 39 Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 107

Tabla 40 Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 108

Tabla 41 Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 109

Tabla 42 Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 111

Tabla 43 Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 112

Tabla 44 Ensayo de compactación muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas..... 113

Tabla 45 Contenido de humedad muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas..... 113

Tabla 46 Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 114

Tabla 47 Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 115

Tabla 48 Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 116

Tabla 49 Resumen resultados de laboratorio para el suelo estabilizado muestra patrón. 118

Índice de figuras

Figura 1 Gráfica de plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (UCSC). 35

Figura 2 Cuchara de Casagrande 37

Figura 3 Formación de rollitos de suelo.....39

Figura 4 Equipo requerido para realizar el ensayo de Proctor modificado. 41

Figura 5 Equipo requerido para realizar el ensayo de CBR. 42

Figura 6 Caña de azúcar. 44

Figura 7 Melaza de la caña de azúcar 45

Figura 8 Aloe vera.....45

Figura 9 Gel de aloe vera.....46

Figura 10 Suelos arcillosos 49

Figura 11 Muestra de arcillas de diferentes colores 49

Figura 12 Distribución T de Student para la hipótesis específica 1 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 56

Figura 13 Distribución T de Student para la hipótesis específica 1 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 57

Figura 14 Distribución T de Student para la hipótesis específica 1 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 59

Figura 15 Distribución T de Student para la hipótesis específica 2 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 61

Figura 16 Distribución T de Student para la hipótesis específica 2 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 63

Figura 17 Distribución T de Student para la hipótesis específica 2 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 65

Figura 18 Distribución T de Student para la hipótesis específica 3 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.....67

Figura 19 Prueba de hipótesis específica 3 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 69
Figura 20 Distribución T de Student para la hipótesis específica 3 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. 71
Figura 21 Calicata N°01 75
Figura 22 Calicata N°02 76
Figura 23 Calicata N°03 76
Figura 24 Estratigrafía del suelo 77
Figura 25 Análisis granulométrico muestra de suelo – calicata N°01 82
Figura 26 Curva granulométrica muestra de suelo – calicata N°01 83
Figura 27 Diagrama de fluidez muestra de suelo – calicata N°01 84
Figura 28 Curva de compactación muestra de suelo – calicata N°01 86
Figura 29 Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo – calicata N°01 89
Figura 30 Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo – calicata N°01 89
Figura 31 Análisis granulométrico muestra de suelo – calicata N°02 90
Figura 32 Curva granulométrica muestra de suelo – calicata N°02 91
Figura 33 Diagrama de fluidez muestra de suelo – calicata N°02 92
Figura 34 Análisis granulométrico muestra de suelo – calicata N°03 93
Figura 35 Curva granulométrica muestra de suelo – calicata N°03 94
Figura 36 Diagrama de fluidez muestra de suelo – calicata N°03 95
Figura 37 Diagrama de fluidez muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas 98
Figura 38 Curva de compactación muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas 99
Figura 39 Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 103
Figura 40 Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas. 104

Figura 41 Diagrama de fluidez muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.....105
Figura 42 Curva de compactación muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.....107
Figura 43 Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 110
Figura 44 Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas. 111
Figura 45 Diagrama de fluidez muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.....112
Figura 46 Curva de compactación muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.....114
Figura 47 Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 117
Figura 48 Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas. 118

Índice de anexos

Anexo N°01: Matriz de consistencia.....**¡Error! Marcador no definido.**

Anexo N° 02: Matriz de operacionalización de variables.....**¡Error! Marcador no definido.**

Anexo N°03: Panel fotográfico .....**¡Error! Marcador no definido.**

I. Introducción

La estabilización de suelos es una técnica crucial en la ingeniería civil para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos, especialmente en proyectos de construcción y pavimentación. En particular, la estabilización de suelos arcillosos presenta desafíos debido a su alta plasticidad y expansión cuando se exponen al agua, estos suelos, caracterizados por su alta plasticidad y susceptibilidad a cambios de volumen, generan fallas en pavimentos y edificaciones, generando pérdidas económicas y afectaciones a la calidad de vida de la población.

La presente tesis, no solo tiene relevancia técnica y científica, sino también social, ya que la mejora de la infraestructura vial beneficiará a los usuarios y habitantes de la zona. Estudiar estos efectos conlleva a innovaciones en la construcción de infraestructuras duraderas, contribuyendo así al desarrollo de soluciones de ingeniería más responsables y eficientes. La zona afectada se enfoca en la Avenida Vista Alegre en Abancay, donde presenta suelos arcillosos determinados como inadecuados para la construcción de pavimentos duraderos, lo cual ha sido objeto de estudio para evaluar la influencia de la adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera.

La justificación de la presente tesis radica en la búsqueda de un método eficiente y económico para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, evitando así la necesidad de su reemplazo y contribuyendo a la sostenibilidad de las infraestructuras viales.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

- **Descripción del problema**

En la ciudad de Tuxtla Gutiérrez – México los daños en las estructuras se originan básicamente por los suelos arcillosos que se caracterizan por su comportamiento expansivo, esto perjudica en gran medida las bases de las infraestructuras, del mismo modo afecta al terreno que es utilizado como trocha carrozable para los vehículos, a efecto de esto se tienen grandes pérdidas económicas y a su vez estas quedan sin uso alguno (Ordóñez et ál., 2014).

Por su parte Borrás (2008), indica que, en Cuba los suelos cohesivos están presentes en aproximadamente el 80% del territorio nacional y gran parte de ellos son sensibles a los procesos de hinchamiento – retracción, en otras zonas existen reportes expansión – colapso, esto ocasionado por las condiciones geo ambientales del país. En la región central se encuentran lugares donde se produjeron daños moderados en todas las estructuras que se han cimentado sobre ellas. Algunas de las zonas afectadas fueron: el poblado de Macanas, Cifuentes, el canal Magistral Zaza Ciego y algunas cercanías de los lagos de Mayajigua.

Castillo (2017) menciona que, en Latinoamérica específicamente en la población de Macas ubicado en Ecuador existe suelos arcillosos que presentan cualidades inadecuadas y por ende la subrasante no es apta para construir una infraestructura vial sobre ella. Particularmente cuando se presenta esta situación los suelos son removidos y reemplazados en un 100% por otros materiales de mejor calidad; esta acción genera una gran pérdida económica.

Según Fernández (2017), en la ciudad de Cajamarca existe una variedad de suelos como son arenas, gravas, limos y arcillas; estos, presentan un desempeño diferente ante el peso de los autos y los vehículos pesados que provocan deficiencias en el pavimento. Las arcillas son suelos expansivos, debido a esto al presentarse cambios de humedad

sufren variaciones en su volumen ocasionando fallas y asentamientos, en consecuencia, se generan imperfectos en la estructura del pavimento y a su vez genera incomodidad en el transporte y en los usuarios por el daño de sus vehículos; esto afecta de manera directa el estilo de vida de la comunidad.

Chávez y Odar (2019), indican que, en los departamentos de Lima y Huánuco, en el tramo número 1 de la carretera que va de Oyón hacia Ambo se han distinguido 23 áreas donde se almacena el agua; estos son catalogados zonas críticas por 2 motivos. El primero, dentro de las propiedades del suelo se muestran arcillas de baja plasticidad y el segundo, elevado contenido de material orgánico que es una de las peculiaridades de este tipo de ecosistemas; a causa de estos 2 factores la capacidad portante de la subrasante es demasiado baja.

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI 2011), en nuestra capital peruana, se observó que un total de 1370 viviendas del distrito de Puente Piedra se encuentran edificadas sobre suelo arcilloso, debido a esto se presentan problemas de asentamientos y deterioro en las viviendas. El poco conocimiento de las dificultades que generan los suelos arcillosos de hace muy evidente.

En la localidad de Abancay, en la Av. Vista Alegre ubicado en la urbanización Señor de los Milagros, existen zonas donde los suelos presentan una elevada plasticidad haciéndolos inadecuados para la construcción de estructuras viales. En esta avenida el principal problema a solucionar durante la construcción de un pavimento va dirigido a la calidad de los suelos in-situ, debido a que esta debe de garantizar su resistencia, durabilidad y manejabilidad; esta zona tiene la peculiaridad de presentar suelos arcillosos, haciéndolos inadecuados para su uso debido a que no presentan las características físicas y mecánicas necesarias para la construcción de un pavimento resistente y duradero, en consecuencia, se genera deterioro en un pavimento a lo largo de sus años de vida, perjudicando de manera directa el tránsito vehicular y poniendo en riesgo la salud integral de los usuarios. Las principales fallas presentes en los pavimentos de Av. Vista Alegre de la urbanización Señor de los Milagros se muestran a continuación:

Tabla 1

Fallas en la Av. Vista Alegre, Km 00+000 - km 00+400, evaluado mediante la observación.

PROGRESIVA (M)	FALLA	N° PAÑOS	LONGITUD (M)	LADO
00+000 - 00+032	Desnivel entre losas	20	32.00	I y D
00+032 - 00+060	Desnivel entre losas	18	28.00	I y D
00+060 - 00+118	Desprendimiento	_	58.00	_
00+118 - 00+133	Desnivel entre losas	10	15.00	I y D
00+133 - 00+139	Reparaciones	1	6.00	I
00+139 - 00+169	_	_	30.00	_
00+169 - 00+187	Desprendimiento	2	18.00	I y D
00+187 - 00+201	Desprendimiento y fisuras de esquina	8	14.00	I y D
00+201 - 00+204	Fisuras de esquina	1	3.00	I
00+204 - 00+210	Fisuras de esquina y longitudinales	1	6.00	I
00+210 - 00+219	Fisuras transversales	1	9.00	I
00+219 - 00+237	Fisuras de esquina, longitudinales, oblicuas	3	18.00	I, D, D
00+237	Reparaciones	1		D
00+237 - 00+249	Desprendimiento	1	12.00	I
00+249 - 00+255	Desprendimiento	1	6.00	I
00+255 - 00+285	Desprendimiento, fisuras longitudinales y transversales	24	30.00	I y D
00+285 - 00+291	Desprendimiento	1	6.00	I
00+291 - 00+321	Desprendimiento, fisuras transversales y oblicuas	20	30.00	I y D
00+321 - 00+346	Desprendimiento, fisuras transversales y oblicuas	16	25.00	I y D
00+346 - 00+349	Desprendimiento y fisuras transversales	1	3.00	I
00+349 - 00+368	Desprendimiento y fisuras transversales	8	19.00	I y D

Nota. El análisis se realizó mediante la observación y estas se identificaron teniendo como información la clasificación de fallas en pavimentos rígidos especificado en el Manual de carreteras - conservación vial, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Izquierda (I), derecha (D)

- **Formulación del problema**

La Av. Vista Alegre se encuentra en un estado de transitabilidad pésima esto debido a las fallas en el pavimento rígido que presenta (ver tabla 1), el estado actual que presenta dicho pavimento está sujeto a diferentes factores, uno de los más importantes vienen a ser la elevada plasticidad del suelo y el método de estabilización que se le aplica a este; por ende es necesario realizar un adecuado estudio y clasificación de suelo, para así poder encontrar el mejor método de estabilización de dichos suelos, debido a que las propiedad físicas y mecánicas de los suelos con elevada plasticidad no son los adecuados para la construcción de un pavimento que satisfaga las condiciones requeridas para su uso.

Problema general

¿Cuál es la influencia al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023?

Problemas específicos

a) ¿Cuál es el resultado obtenido al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023?
b) ¿Cuál es el resultado obtenido al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023?
c) ¿Cuál es el resultado obtenido al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

a) Analizar los resultados al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
b) Analizar los resultados al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
c) Analizar los resultados al adicionar enzimas de caña de azúcar y aloe vera en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

2.3. Justificación e importancia

La Av. Vista Alegre ubicado en la urbanización Señor de los Milagros no cuenta con una adecuada infraestructura vial urbana debido al deterioro que presenta. Esto genera incomodidad entre los residentes de la zona a causa del inadecuado tránsito vehicular y peatonal que existe.

En la presente investigación, se logró medrar las características físicas y mecánicas de los suelos arcillosos mediante el aprovechamiento de las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera, de modo que el suelo este apto para construir un pavimento rígido resistente que garantice la seguridad y comodidad de los usuarios. Al pretender alzar la resistencia y menguar la presencia de agua en el suelo existente, se evitará su remoción y sustitución con otro material granular, lo que significa que se podrán reducir gastos en la estructura del pavimento.

Por otra parte esta investigación es de suma importancia para los usuarios y habitantes de la Av. Vista Alegre ubicado en la urbanización Señor de los Milagros y también en general a toda nuestra localidad de Abancay, debido a que muestra una alternativa de solución para un problema que se puede evidenciar ante los ojos de cualquier persona que concurra por mencionada zona; además de ello las entidades locales están

en la necesidad de conocer todo tipo de soluciones que puedan ayudar al problema que generan los suelos arcillosos en las obras viales ya que este es la base para el desarrollo de nuestra localidad.

2.4. Hipótesis

Hipótesis general

La adición de las enzimas de caña de azúcar y aloe vera influyen en la estabilización de suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Hipótesis especificas

a) La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
b) La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
c) La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

2.5. Variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones (Sub Variables)	Indicadores	Escala de medición	Unidades	Ítem/ instrumento
Variable independiente: Enzimas de la caña de azúcar y aloe vera	La melaza de la caña de azúcar son residuos de la caña de azúcar que finalmente ya no se puede cristalizar en el proceso para obtener azúcar, que luego de dicha extracción queda un líquido espeso y viscoso (CONADESUCA,2016) El extracto del gel del aloe vera este compuesto por nutrientes como la vitamina A, B1, B2, B6, B12, C y E, niacina, ácido fólico y de minerales, además, cuenta con hierro, zinc, calcio, magnesio y potasio. Gracias a estos compuestos la sabila brinda	Mediante la utilización de las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera se quiere mejorar las características de los suelos arcillosos, debido a que estos generan fallas en los pavimentos.	enzimas orgánicas	5%	Porcentaje	%	Ficha de recolección de datos, formato de ensayos de laboratorio.
			enzimas orgánicas	10%	Porcentaje	%	Ficha de recolección de datos, formato de ensayos de laboratorio.
			enzimas orgánicas	15%	Porcentaje	%	Ficha de recolección

	propiedades de permeabilidad a los suelos, protegiendo la subrasante de filtraciones excesivas de humedad (Pérez, 2021).						de datos, formato de ensayos de laboratorio.
Variable dependiente: Suelo arcilloso	Estos suelos evidencian un elevado porcentaje de arcilla lo que hace que estos suelos sean débiles, debido a que, al incorporase un porcentaje de agua estos se comporten de una manera plástica, produciendo el fenómeno de expansión e hinchamiento, en consecuencia, este suelo pierde su capacidad portante (Jibaja, 2021).	Se quiere mejorar las características que presentan, incrementando su capacidad de soporte y reduciendo su índice de plasticidad.	Límites de Atterberg.	Limite plástico.	Porcentaje	%	Ficha de recolección de datos, formato de ensayos de laboratorio.
				Limite líquido.		%	
			Proctor modificado.	Óptimo contenido de humedad.	Gramos sobre centímetro cúbico	gr/cm^3	Ficha de recolección de datos, formato de ensayos de laboratorio
				Máxima densidad seca.	Porcentaje		
			CBR.	Índice de resistencia del suelo.		%	

Nota. Elaboración propia.

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

Maheshwari & Ravikumar (2015), en la India presentan una investigación donde tiene por objetivo analizar el efecto producido por las conchas de mar y las mezclas de betún como adherente para las sustancias de los suelos arcillosos evitando el ingreso de agua. Se estudió los suelos arcillosos presentes en el lugar denominado Chikodi Taluk, distrito de Belagavi. En la mencionada investigación se efectuaron las pruebas de compresión no confinada (UCS) y CBR. Al añadir 22% de emulsión bituminosa el adecuado valor de resistencia a compresión uniaxial (UCS) es de 500.31 KN/m^2, al utilizar 16% de polvo de concha de mar el valor obtenido es de 441.45 KN/m^2. El CRB obtenido con a la adición del 16% de polvo de concha de mar es de 5.28%. Se concluye que la humedad presente en los suelos arcillosos disminuye con la utilización de polvo de concha de mar, mientras que el CBR se incrementa con el uso de dicho material. La mezcla de betún y polvo de los moluscos encontrados en el mar mejoran la resistencia a la fuerza que se genera en el centro axial del suelo arcilloso.

Ramos e Illidge (2017), en Bogotá – Colombia, su trabajo de tesis tuvo por objetivo distinguir el cambio que se produce en un suelo con alta plasticidad utilizando la envoltura de arroz y ceniza volante, este se utilizó como suelo de fundación de un pavimento. Se realizaron los estudios a las arcillas que se obtuvieron mediante el tubo Shelby. Al realizar diferentes ensayos mecánicos, físicos, dinámicos y químicos se determinó que la mezcla con un contenido de 6% de envoltura de arroz y el 30% de la ceniza incrementaron los valores de la prueba de CBR de manera sustancial, pasando de un 2.02% a un 3.76%, además se debe tener en consideración que la expansión del suelo se redujo a un valor menor del 2% con lo cual se cumple los detalles técnicos para el mejoramiento del suelo de fundación precisadas en las pautas brindadas por el Instituto Nacional de Vías 2013. En conclusión, a medida que se aumentaba el porcentaje de ceniza volante de clase C se incrementa la resistencia del

suelo, además el porcentaje óptimo de la estabilización empleando la ceniza volante C y envoltura de arroz viene a ser 30% y 6% respectivamente.

Buitrón y Enríquez (2018), en Ecuador con su tesis, tuvo el objetivo de utilizar las cenizas del volcán Tungurahua en diferentes cantidades de dosificación para poder estabilizar los suelos arcillosos expansivos. Los suelos estudiados se obtuvieron de la provincia de Manabí. Se realizaron los ensayos mecánicos y físicos que ayudaron en el análisis de la respuesta preliminar del espécimen natural y las muestras de suelo dosificadas en 10, 20 y 30% respectivamente. Los resultados conseguidos al realizar los correspondientes ensayos se efectuó una evaluación de la respuesta que presentan las arcillas previa y posteriormente a la incorporación de la puzolana de manera que se calculó la variación de las características físicas y mecánicas. En conclusión, el 20% de puzolana es la dosificación adecuada a utilizar para los estados estudiados, por otra parte, para los suelos 3, 4 y 5 se generó una disminución de 14, 19 y 23% de la cantidad de humedad entre lo plástico y lo semilíquido; así como 41, 42 y 59 % para su índice de plasticidad y para el límite plástico el porcentaje de incremento fue de 23, 19 y 39%.

Ghavami et al. (2020), en Irán con tesis, tuvo como principal objetivo analizar las cualidades geotécnicas y microestructurales, el daño al entorno natural y el bien financiero de la arcilla de caolinita junto con polvo de horno de cemento (CKD) añadiendo cloruro sódico (NaCl). Se analizó el aguante de la mezcla entre el cloruro sódico y el suelo arcilloso mejorado con cemento CKD. Se desarrollaron pruebas de Proctor estándar, resistencia a la compresión no confinada, CBR, y límites de Atterberg. Los resultados obtenidos indican que al añadir un 10% de NaCl al suelo tratado con CKD aumenta la fuerza ante la presión axial en un 18,7%, además los resultados también indicaron que el diagrama de CBR se incrementó, mejorando la solidez del suelo estudiado. En conclusión, el suelo arcilloso mejorado con un 10 % de NaCl y un 15% de cemento CKD es un método que minimiza los gastos en la optimización de suelos arcillosos y también el consumo de energía, haciéndolos viables en el tema del aspecto ambiental.

Rahil et al. (2019), en Iraq con su trabajo de investigación, tuvieron como fin analizar las características geotécnicas de los suelos con alta presencia de arcilla, utilizando el cloruro sódico y la influencia de las cantidades de sal soluble. Se extrajeron muestras de 3 ejemplares de suelos arcillosos existentes en la ciudad de Bagdad, posteriormente se generó la observación de las características geotécnicas de los suelos plásticos con presencia de cloruro sódico en proporciones que van de 0% al 15% en un laboratorio especializado en mecánica de suelos. Al realizar los ensayos de: límites de Atterberg, compresión no confinada, compactación, gravedad específica y consolidación se obtuvieron resultados donde se muestra reducción en su plasticidad, el índice de compresión, el contenido óptimo de humedad y la resistencia a la compresión. En conclusión, se demostró que las bajas cantidades de sal soluble aumentan la compresión del suelo por medio del incremento de la máxima densidad seca y las altas cantidades la reducen. Por otra parte, también se pudo observar que al utilizar el cloruro sódico las características del CBR y la compactación se elevaron.

Yucra y Camala (2017), en Puno con su tesis, tuvieron como objetivo principal comparar las ventajas que ofrecían el aditivo PermaZyme y el cloruro de calcio en la mejora de la base de una carretera sin pavimentar que se ubicaba en la Dv. Huancané – Chupa. Se realizaron los ensayos necesarios para evaluar las características del suelo. Según las especificaciones del producto por cada 30 m^3de material compactado se utilizó 1 litro de estabilizante, se estabilizaron muestras con diferentes proporciones de Perma - Zyme: para la primera muestra se utilizó 1Lt de aditivo por 30 m^3de material, para la segunda muestra se utilizó 1.5 Lt por cada 30 m^3 de material y para la tercera muestra se utilizó 2 Lt. de aditivo por cada 30 m^3. Para el caso del cloruro de calcio se utilizó una proporción de 1% a 2% en peso, con respecto al suelo seco.

Los resultados obtenidos indicaron un importante incremento en las propiedades físicas del suelo, además se pudo observar una reducción de su humedad, todo esto en el material de préstamo de la Punta y Yanahoco respectivamente; de la misma forma, hubo un

incremento de su densidad seca máxima y la presión máxima que resiste el suelo. En conclusión, la utilización del estabilizador PermaZyme, se obtuvo una mejora de: 2.69%, 2.85%, 3.83% y 8.13%, 8.99%, 11.14%; mientras que con el uso de cloruro de calcio se alcanzó una reducción de: 1.75%, 5.70%, 7.00% y 5.37%, 6.03%, 34.60%, con respecto al índice de plasticidad. Por otra parte, en cuanto a la expansión se redujo en 2.05%, 31.31%, 36.33% y 22.83%, 23.56%, 23.89% al utilizar el aditivo Perma – Zyme, mientras que con el cloruro de calcio se redujo en 7.20%, 12.02%, 13.50% y 1.80%, 3.20%, 3.87%. Para el CBR hubo un aumento en 21.74%, 23.72%, 24.51% y 13.65%, 14.07%, 14.71%, con aditivo Perma – Zyme y con el cloruro de calcio un aumento de 12.85%, 22.73%, 26.68% y 6.40%, 14.93%, 17.06%.

Salcedo y De La Cruz (2017), en Huancayo – Junín, con su trabajo de tesis, tuvieron como objetivo analizar el impacto del estabilizante Eco Road 2000 en las características de los suelos cohesivos. Se estudiaron los suelos arcillosos ubicados en el anexo de Palain donde se extrajo muestras de 10 calicatas; cada 15 metros cúbicos de muestra de la subrasante, se utilizó 1 litro del estabilizante. Este material apresura el desarrollo de ampliación y reduccion del suelo cohesivo, con todo eso, los resultados evidencian que mientras exista mayor porcentaje de finos en el suelo, este reaccionará de mejor manera al estabilizante Eco Road 2000, esto demostró que no todos los suelos plásticos reaccionaran de igual forma, debido a la distribución de 1 litro de estabilizante en cada 15 m^3 de muestra. En conclusión, se obtuvieron resultados más favorables de los esperados ya que se consiguió un efecto igual o mucho mejor al utilizar 1 litro de estabilizante por cada 19 m^3.

Golcochea (2019), en Chachapoyas, con su tesis, su objetivo fue analizar las características físicas y mecánicas a nivel de la subrasante de los suelos arcillosos con el empleo de enzimas orgánicas. Por cada 30 kg de la muestra patrón extraída de los suelos limo arcillosos de la carretera ubicado en el desvió Puca cruz se adicionó las siguientes proporciones de enzimas orgánicas: 1/800; 1/900 y 1/1000. Se efectuaron los ensayos de Proctor modificado y CBR para evaluar las propiedades mecánicas y para las propiedades

físicas se realizaron los ensayos de granulometría y límites de Atterberg. Los resultados obtenidos indicaban que los suelos altamente plásticos al ser estabilizados con las enzimas orgánicas en las siguientes proporciones: 1/800, 1/900 y 1/1000 mejoraban escasamente sus propiedades físico – mecánicas. En conclusión, tomando en cuenta las 3 proporciones, la concentración de 1/900 es la que mejor incrementa la resistencia del suelo.

Chávez (2019), en Talara Piura, con su trabajo de tesis, tuvo como objetivo realizar la comparación del cloruro magnésico y el cloruro sódico al ser usados como estabilizantes para elevar las propiedades de la superficie de tierra de la vía a la cantera Santa Rita. En esta investigación se abarco el estudio de avenida principal de Enlace 03 a la cantera Santa Rita; se elaboraron 4 calicatas ubicadas en las progresivas: progresiva 00+250, 00+500, 00+750 y 01+000, los ejemplares obtenidos fueron sometidas a los siguientes ensayos: Contenido de Humedad, granulometría, limite líquido, limite plástico, CBR y prueba de compactación, por otra parte, se realizaron ensayos y pruebas para ambos aditivos estabilizantes en proporciones de: 5%, 10%, 15% y 20%.

Al utilizar el cloruro de magnesio en un 5%, 10% ,15% y 20% se obtuvieron las densidades máximas (gr/cm³) de: 1.94, 2.02, 2.11 y 2.2 respectivamente, los contenidos de humedad optima fueron: 9.19% 8.29% 9.45% 8.63%, en el ensayo de CBR al 0.1” se obtuvieron: 37.11% 49.87% 62.96% 81.43%; mientras que al 0.2” del mismo ensayo se obtuvieron: 45.50% 60.61% 80.42% 104.26%; todos estos ensayos se realizaron en la calicata N°2. En cambio, al utilizar cloruro de sodio en un 5%, 10% ,15% y 20% se notó que el menor porcentaje de limite líquido y plástico fue 24.50% y 20%, la mayor densidad máxima fue de 2.157 gr/cm3, la mayor humedad optima y CBR obtenidos fue de 8.50% y 52.55%. En conclusión, el porcentaje óptimo de estabilización IN SITU más el cloruro sódico es de 95% de espécimen más 5% de cloruro sódico, logrando obtener un CBR de 42.82%; por otra parte, el porcentaje óptimo de estabilización IN SITU más el cloruro magnésico es de 80% de muestra más 20% de cloruro de magnesio, consiguiendo un CBR de 81.34%.

Briones (2018), en Cajamarca, con su trabajo de tesis, tuvo como objetivo, determinar qué tipo de estabilizador, cloruro de sodio o cloruro de magnesio, incrementaba de mejor manera la resistencia un suelo cohesivo para ser usado como afirmado; En esta investigación la población de estudio fuero suelos arcillosos de la ciudad de Cajamarca y la muestra fue la calle Jr. La Cantuta. Se elaboraron 3 veces las pruebas de: límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, para el caso del suelo oriundo se realizaron los ensayos de: análisis granulométrico y contenido de humedad que sirvió como patrón de datos para posteriormente realizar el análisis de los agentes estabilizadores; para el cloruro sódico se utilizó un porcentaje de 2% mientras que para el cloruro de magnesio se utilizó un porcentaje de 5%.

En los resultados al usar un 2% de cloruro de calcio se consiguió el límite liquido de 12%, un límite plástico de 6.07%, una humedad de 5.93%, contenido de humedad optima de 6.39%, MDS de 1.92 kg/cm3 y los valores de CBR (se usaron 12, 25 y 56 golpes) fueron de: 27.78% con una densidad seca de 2.73 gr/cm3, 27.78% con una densidad seca de 2.73 gr/cm3 y 57.04% con una MDS de 3.13 gr/cm3. Al usar 5% de cloruro de magnesio se obtuvo límite liquido de 28%, un límite plástico de 16.64%, una plasticidad de plasticidad de 11.36%, contenido de humedad optima de 6.75%, MDS de 2.05 kg/cm3 y los valores de CBR (12, 25 y 56 golpes) fueron de: 21.02% con una MDS de 2.67 gr/cm3, 26.94% con una densidad seca de 2.77 gr/cm3 y 40.41% con una densidad seca de 3.14 gr/cm3. En conclusión, la utilización del 5% de cloruro de magnesio aumenta la capacidad portante del suelo arcilloso con un 40.41%, mientras que adición del 2% de cloruro de cálcico eleva la capacidad portante con un 57.04%.

Quispe y Rivas (2017), con su tesis, tuvo como objetivo restablecer las condiciones de transpirabilidad que ofrecía la carretera que se dirige al Santuario Nacional del Ampay. En esta investigación se elaboró el análisis de suelos para verificar la características químicas y físico - mecánicas; así también se pretendía conocer la naturaleza del terreno en la zona de estudio. La longitud de la zona de estudio era de 2.567 Km, partía de la división hacia Maucacalle y culminaba en el ingreso al Santuario Nacional del Ampay Con los resultados

obtenidos se concluyó indicando que el CBR alcanzado es bueno, por tal motivo se elige agregar 0.90L de PermaZyme 22x en cada 30 m^3 de afirmado, el CRB se incrementaba al adicionar mayor cantidad de aditivo, también se mejora la continuidad de la superficie de rodadura y disminuye capa de material compactado a un espesor de 0.20 m.

Quispe (2021), en su tesis, el objetivo fue, establecer la variación de la mejora del comportamiento de las subrasantes de suelos blandos, de las vías sin pavimentar de la urbanización Fonavi, utilizando compuestos inorgánicos. Se tomó como muestra la extensión de la Av. Perú, desde la progresiva 00+000 a la 00+376, ubicado en la urbanización Fonavi. Para realizar la estabilización se mezcló los compuestos inorgánicos de la siguiente manera: 75% de cal y un 25 % de ceniza de eucalipto, seguidamente esta mezcla fue añadida a la subrasante natural en las siguientes proporciones: 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25 %. En los resultados las características de los suelos sin la utilización de compuestos orgánicos son: 1.14$\pm$0.05 g/cm3x de MDS, 3.78$\pm$0.17/% de CBR y 13.20$\pm$0.21% de índice de plasticidad (IP); por otro lado, con la utilización de las mezclas inorgánicas se obtuvo las siguientes características: 2.30$\pm$ 0.08 g/cm^3 de máxima densidad seca, 10.07$\pm$ 0.28% de CBR y un 10.07$\pm$ 0.28% de IP. En conclusión, se consiguió mejorar de manera óptima la subrasante.

3.2. Bases teóricas

Límites de Atterberg

Índice de plasticidad

Según Terrones (2018), indica que, el índice plástico se encuentra comprendido entre los limites líquido y plástico que se encuentras especificados por una simple diferencia de los mismos.

Del mismo modo, Bravo y Lopez (2021), nos indica que, este viene a ser el comportamiento plástico que presenta un suelo en un determinado rango de humedades. El índice de plasticidad también este dado por una sustracción simple del límite líquido y; de manera general se puede indicar que el índice de plasticidad nos indica la cantidad de

humedad que se encuentra por debajo de valor mínimo que indica el comportamiento plástico de un material.

Por otra parte, Hidalgo (2016), nos indica, que el índice de plasticidad que presenta un suelo se encuentra dado por la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, tal como se muestra a continuación:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

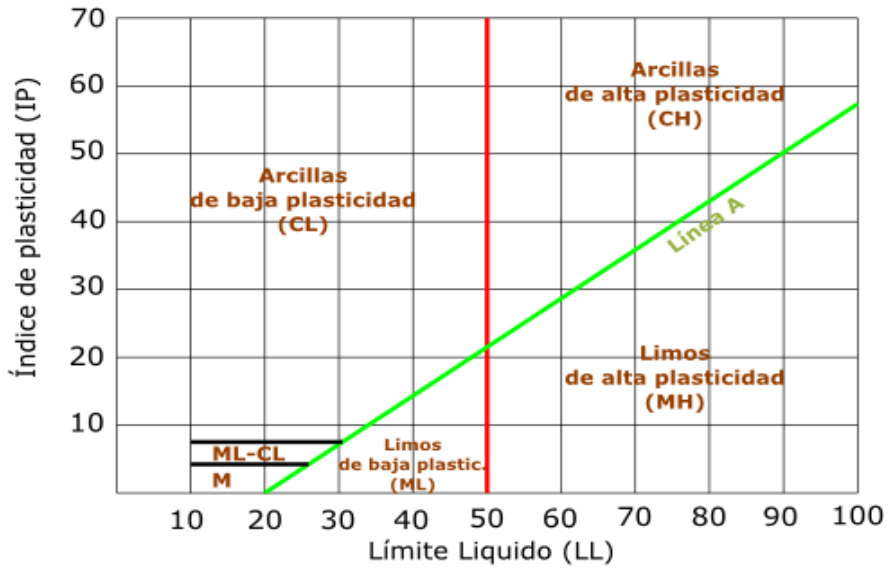
IP= Índice de plasticidad.

LL= Límite líquido.

LP= Límite plástico.

Figura 1

Gráfica de plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (UCSC).



Nota. Este sistema clasifica el suelo para poder conocer la textura y el tamaño de las partículas de suelo.

Limite liquido

Para este parámetro se utiliza la prueba de Casagrande y la muestra de suelo que pasa la malla N°40. La muestra de suelo es colocada en un recipiente, a continuación, se

coloca agua para humedecer la muestra y formar una mezcla homogénea, esta mezcla es colocada en la copa de Casagrande, se parte la muestra por la mitad; seguidamente se efectúan el número de golpes hasta juntar las dos mitades. Con la utilización de una espátula se procede a dividir la muestra en cuadrantes, retirándose solo dos partes del total, a continuación, se coloca esta muestra en recipientes metálicos para ser pesados y enviados al horno por un periodo de 24 horas, finalmente estas se pesan luego del tiempo transcurrido en el horno (Hidalgo, 2016).

Para realizar el procedimiento del ensayo se utilizará el espécimen de suelo que pase por el tamiz N°40, esta será mezclada con agua hasta lograr una mezcla homogénea y de consistencia pegajosa, esta mezcla será colocada sobre la copa y se nivelara la superficie para posteriormente partirla en 2 porciones iguales con el ranurador. Se suministrará algunos golpes haciendo girar la manivela hasta lograr que la ranura se cierre; para poder determinar el contenido de humedad debe tomarse registro del número de golpes y tomar una muestra de la parte central de la mezcla en la copa. Todo este proceso se deberá realizar tres a más veces para obtener cuatro indicadores con un contenido de humedad diferente. Para las posteriores muestras se recomienda usar un rango de: 30 golpes, 25 a 30 golpes, 20 a 25 golpes y 20 a 15 golpes. Las muestras serán divididas en 3 para posteriormente retirara 1/3 de la muestra y colocarla en el horno (Bravo y López, 2021).

En el desarrollo de este ensayo se tiene que mezclar una muestra de suelo en una capsula de porcelana y formar una mezcla uniforma con la espátula. Se instala una cantidad de la mezcla que se obtuvo en la cuchara Casagrande, hasta lograr un espesor de 1 cm., seguidamente se procederá a realizar una ranura con el acanalador en el centro, subir y hacer caer la copa a través del manubrio dando 2 caídas por segundo, este proceso culmina cuando las 2 partes de suelo se junten en la parte baja de la abertura a lo largo de 1.27 cm., la cantidad de golpes se registrará. Con la ayuda de la espátula se retirará la parte de suelo donde hubo unión y se colocara en un recipiente para poder calcular su cantidad de humedad. El residuo de suelo que quedo será retirado de cuchara Casagrande y será colocado en un envase, si la

cantidad de golpes de la prueba anterior fue muy alta se incrementara el agua, por otra parte, si el número de golpes fue bajo se agregara un poco más de la muestra de suelo. La cantidad golpes se encuentra entre 15 y 35. Finalmente se grafica la curva de fluidez, el número de golpes se colocará en el eje de las abscisas, mientras que en el eje de las ordenadas se colocaran las humedades en estado natural, para lograr encontrara el punto de los 25 golpes en la curva de flujo, donde se situara el límite líquido. Para los cálculos correspondientes se utilizan las siguientes formulas. (Terrones, 2018).

$$Contenido\ de\ humedad = \frac{Peso\ de\ agua}{Peso\ de\ muestra\ seca} x100$$

$$Límite\ líquido\ a\ 25\ golpes = W^n \left(\frac{N^{0.121}}{25}\right)$$

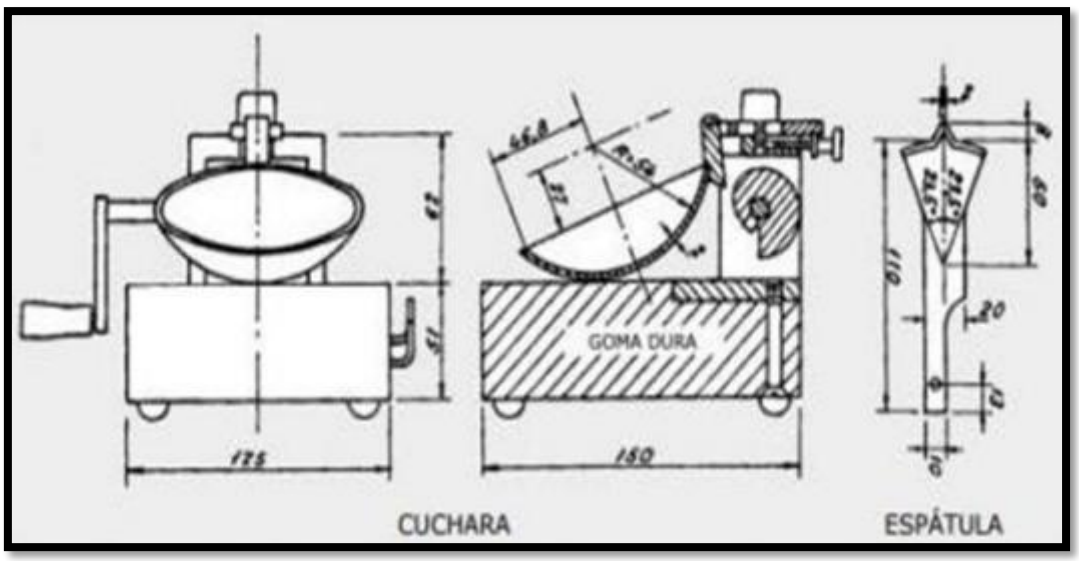
Donde:

W^n= Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

N= Número de golpes que causa el cierre de la ranura.

Figura 2

Cuchara de Casagrande



Nota. Este instrumento se utiliza para poder determinar el límite liquido de un suelo.

Limite plástico

Para poder elaborar este ensayo de tiene que tomar una muestra de la porción utilizada en el límite líquido, para este caso se deberá adicionar suelo sin humedad para disminuir el contenido de agua de la pasta, seguidamente se enrollará la muestra sobre una placa de vidrio con la finalidad de crear rollos de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamiento, para poder calcular su cuantía de humedad; este proceso de repetirá una o dos veces más. El límite plástico será dado por la mitad de los 2 valores obtenidos, cabe mencionar que si la diferencia de estos 2 valores es mayor que 2% se tiene que repetir el ensayo (Terrones, 2018).

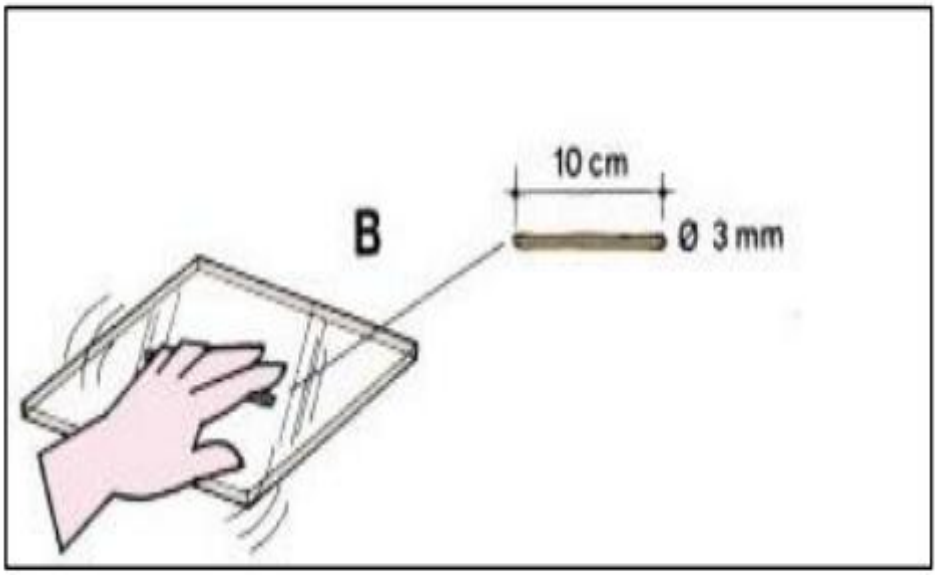
Para determinar el límite plástico se utilizará el mimo suelo utilizado para el cálculo del límite líquido, se procede a humedecer la muestra hasta encontrar el contenido de agua adecuado para realizar los rollitos de suelo antes de partirse, estos se elaboran sobre una placa de vidrio templado, una vez obtenidos se procede a cortar los rollos que deben presentar un diámetro de 3 mm y un largo aproximado de 3 cm; estos son colocados en recipientes y pesados, finalmente se insertan en el horno por 24 horas y se pesan (Hidalgo, 2016).

El material utilizado para este ensayo será el que se preparó para determinar el límite líquido (20 gr, aproximadamente), se debe amasar el suelo hasta obtener una consistencia adecuada y pueda enrollarse sin pegarse a las manos, el rollito que se está realizando debe de tener un diámetro de 3.2 mm, la prueba debe seguir hasta observar que el rollito presente rajaduras y se desmorone. Generado el límite plástico se coloca el rollito dentro de un recipiente y se procede a pesar para calcular el contendió de humedad, se debe repetir este procedimiento con otra muestra de suelo. El límite plástico está definido por el promedio de ambas determinaciones y se calcula por la siguiente formula. (Bravo y López, 2021).

$$Limite\ plástico = \frac{Peso\ de\ agua}{Peso\ de\ suelo\ secado\ al\ horno} x100$$

Figura 3

Formación de rollitos de suelo



Nota. Este proceso se ejecuta para poder calcular el límite plástico de un suelo.

Proctor modificado

Para elaborar este ensayo el material debe encontrarse seco, se empieza a cerner el material con las mallas 3/4”, 3/8” y N°4 para poder escoger el método de prueba a utilizar, es recomendable tener 4 o 5 muestras de 6kg para el método C y 3 para el método A o B una muestra de 3 kg, cada método requiere de una humedad diferente. Para la primera capa se debe aplicará 25 o 56 golpes según el método escogido, este proceso se repite hasta terminar las 5 capas, una vez completado se enrasa el molde con una guía metálica y luego se pesa el suelo más el molde sin la base del cilindro, se tomará la muestra del medio del molde para calcular el contenido de humedad como mínimo se recomienda 500 gramos. Este proceso se debe repetir como mínimo 4 veces con diferentes contenidos de humedad (Bravo y López, 2021).

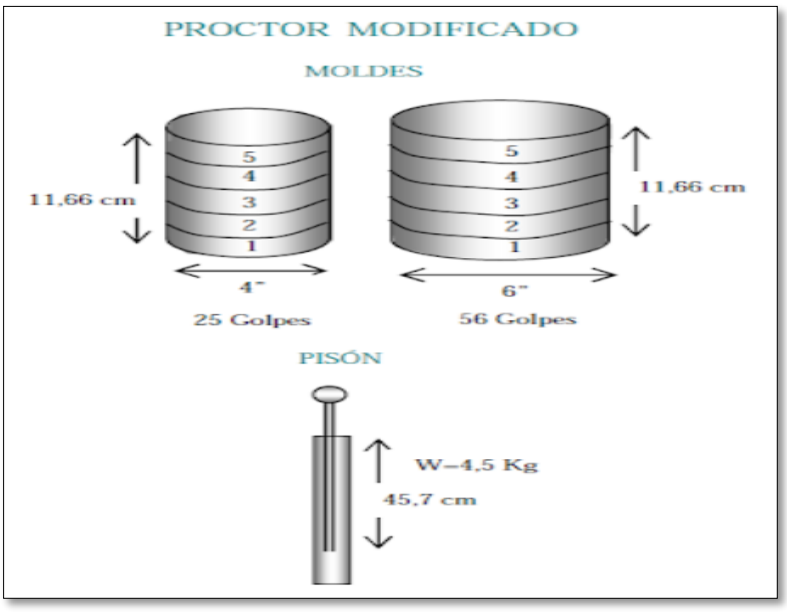
Por otra parte, Cedeño (2013), indica que, para la elaboración del ensayo de debe utilizar 6 kg de suelo seco que pase el tamiz N°4 y humedecido con agua (4 a 5%), se debe de pesar el molde de compactación y cuantificar la magnitud7 del molde de compactación

para poder determinar su volumen. La muestra preparada debe ser colocado en el molde Proctor para compactarse en 5 capas aplicando 56 golpes en cada una de ellas, si la última capa queda por debajo del ras del molde el ensayo se repite; seguidamente se procede a quitar el collar de compactación enrasando la muestra a nivel del molde para posteriormente pesar el molde con el ejemplar compactada. La muestra compactada se desmenuzará y se mezclará con el suelo que aún no se utilizó, se agregará 2% de agua y se repetirá el proceso mencionado, se debe de realizar los ensayos necesarios para poder determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca. Finalmente se obtendrán los pesos secos de las muestras.

Del mismo modo, Angulo y Zavaleta (2020), indican que, para elaborar la prueba de Proctor modificado se realiza de la siguiente forma. El primer método se utiliza cuando el material atraviesa el tamiz N°4 en un 20 por ciento o menos y presenta 5 capas por 25 golpes en cada una de ellas. En el caso del segundo método es usado si más de un 20 por ciento del material se mantiene en el tamiz N°4, se emplea 5 capas y 25 golpes por cada una de ellas. Finalmente, para el ultimo método, se usa si el 20 por ciento del material es conservado en el tamiz de 19 milímetros, para este método se tiene 5 capas y se utiliza 56 golpes por cada una de ellas.

Figura 4

Equipo requerido para realizar el ensayo de Proctor modificado.



Nota. El equipo para este ensayo cuenta principalmente con un pisón y los moldes cilíndricos de compactación.

California Bearing Ratio (CBR)

Guillen y Riveros (2021), indican que, para la elaboración de este ensayo se debe tamizar la muestra por la malla ¾, luego se pesará 3 bolsas de la muestra, realizado esto se procede a compactar las 3 muestras cada una de ellas estará compuesta por 5 capas, para la primera muestra se realizará la compactación con 12 golpes, para la segunda 26 golpes y para el tercero 55 golpes por cada capa. Finalmente se determina la humedad y la densidad seca máxima de cada una de los especímenes de cada molde.

Por otra parte, Briones (2018), indica que, para elaborar este ensayo se pesa los moldes con su base, es recomendable usar 3 a 9 moldes para cada muestra, esto se da teniendo en cuenta la clase de suelo; se darán 55 golpes para el primer molde, 26 para el segundo y 12 para el tercero, para la inmersión se colocará la muestra invertida y la placa perforada con el vástago, la penetración se realizará con una velocidad uniforme de 1.27 mm por minuto, seguidamente se anotaran las lecturas de carga. Finalmente, la expansión se

determinará en las variaciones del deformímetro antes de realizar la inmersión y después de realizarlo.

Del mismo modo, Castillo (2017), indica que, esta prueba es utilizado para estudiar la calidad de los suelos para subrasante, subbase y bases. La prueba se basa en la determinación de la presión requerida para penetrar una cierta cantidad de milímetros con una velocidad regular de 1,27 milímetros por minuto en un espacio de 15 centímetros con un pistón de 4,96 cm de diámetro o 3 pulgadas cuadradas de área de diámetro y 5 pulgadas de alto, una vez adquirido la presión se vincula con la presión requerida para adquirir una penetración idéntica en una muestra autentica. Antes de la prueba, las muestras se deben zambullir agua durante 96 horas para simular condiciones de saturación y obtener valores de CBR en los estados más decisivos. El propósito del peso agregado a la superficie del espécimen es simular la sobrecarga debida al peso de la estructura del camino.

Tabla 3

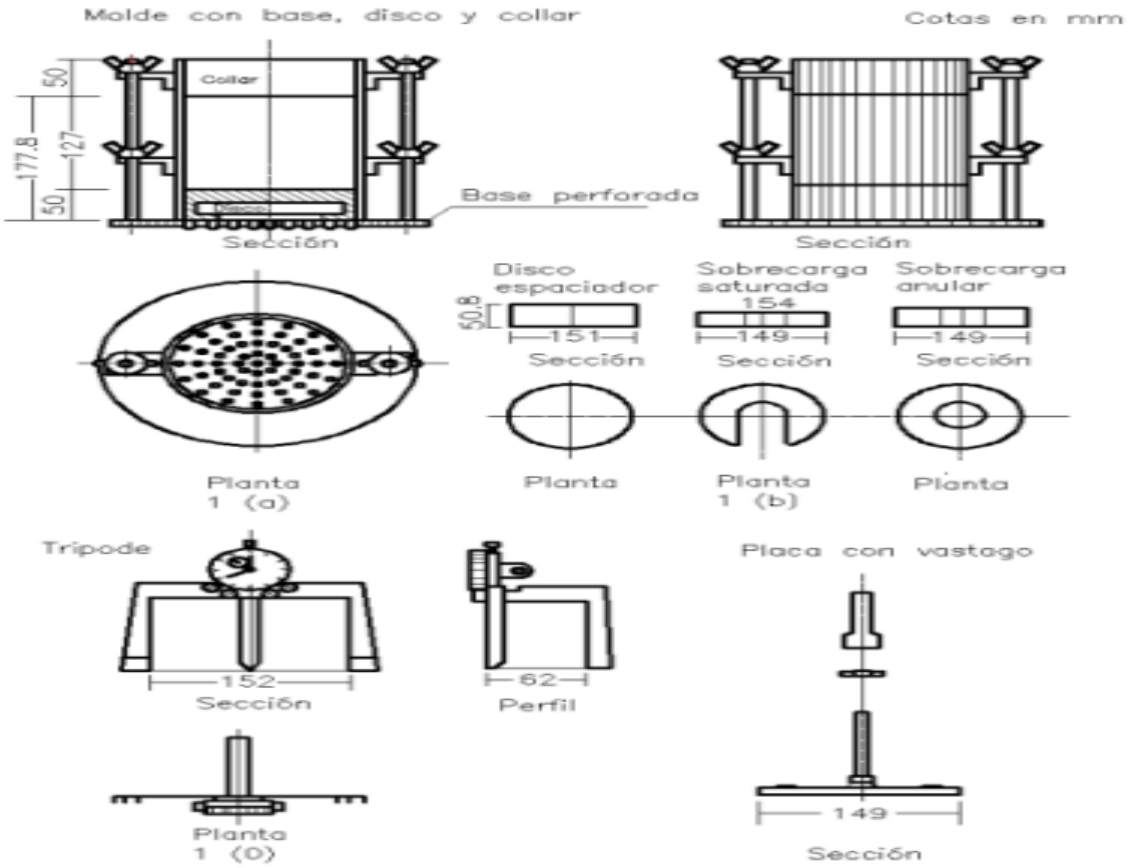
Penetración para la lectura

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.9	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.7	0.500

Nota. Los valores de penetración esta dado en milímetros y pulgadas.

Figura 5

Equipo requerido para realizar el ensayo de CBR.



Nota. Las características de este equipo están especificadas por la ASTM D-1883

3.2.1. Adición de enzimas orgánicas

Ravines (2010), indica que estas moléculas por su condición proteica aceleran los procesos de las reacciones químicas a tal punto de volverlas casi fugaz, además estos son catalizadores altamente específicos. Las enzimas orgánicas trabajan sobre los elementos que presentan una configuración precisa y actúan de manera directa con las partículas finas, como las arcillas y los limos, y de manera general con las partículas que pasan la malla N°200, por esta peculiar característica las vuelve un agente muy importante si se quiere estabilizar un suelo arcilloso.

3.3. Definición de términos

Enzimas orgánicas: Estas son moléculas son de carácter natural que se comportan como catalizadores en las todas las partículas de un determinado suelo. (Hidalgo,2016).

Caña de azúcar: La caña de azúcar viene a ser una gramínea tropical, un pasto gigante que es asemejado con el sorgo y el maíz, un jugo rico en sacarosa se acumula en su tallo, este al ser cristalizado se forma el azúcar. (Abanto, 2015).

Figura 6

Caña de azúcar.



Nota. La caña de azúcar abunda en las zonas calidas.

Melaza de la caña de azúcar: Son residuos de la caña de azúcar que finalmente ya no se puede cristalizar en el proceso para obtener azúcar, que luego de dicha extracción queda un líquido espeso y viscoso. (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar [CONADESUCA], 2016).

Figura 7

Melaza de la caña de azúcar



Nota. Este producto se obtiene de la cristalización final del azúcar.

Aloe vera: Es una planta que crece en climas secos y lugares pedregosos, presenta un aspecto de color verde, está compuesta por una pulposidad llamada parénquima que viene a ser el 70% del peso propio de la planta, y unas largas hojas que son el 30% de la planta. (Pérez, 2021).

Figura 8

Aloe vera



Nota. El aloe vera es una planta que en nuestra localidad se encuentra en gran cantidad.

Gel de aloe vera: El extracto de gel de aloe vera está compuesto por nutrientes como las vitaminas A, B1, B2, B6, B12, C y E, niacina, ácido fólico y minerales, además de hierro, zinc, calcio, magnesio y potasio. (Pérez, 2021).

Figura 9

Gel de aloe vera



Nota. El gel de aloe vera presenta propiedades óptimas para ser utilizado como agente estabilizante en partículas de suelo fino.

Suelo: Para la ingeniería civil se define como sedimentos débiles de partículas sólidas debido a la deformación de piedras o suelos, que son movidos por influencias naturales como el viento, el agua o el hielo, ayudados por la gravedad. (Briones, 2018).

Clasificación AASHTO: En esta clasificación existen 2 grupos, el primer grupo son los suelos granulares, estos tienen un material fino menor o igual a 35% que pasa la malla N°200. Están conformados por los grupos A-1; A-2 y A-3. El segundo grupo está formado por los suelos finos que abarcan más del 35% del material fino que pasa la malla N°200. (Terrones, 2018).

Clasificación SUCS: En esta clasificación existen las siguientes divisiones: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. Los suelos gruesos están representados por el material que se queda en la malla N°200 y los suelos finos corresponden

al espécimen que atraviesa la malla N°200; con estas consideraciones se dice que un suelo es grueso si más de 50% de su composición se retienen en la malla N°200, por otra parte, se dice que es fino cuando más del 50% de su composición son granos menores que la malla N°200 (Bañon y Beviá, 2000).

Análisis granulométrico: Viene a ser la determinación de los componentes que conforman un suelo, estos son clasificados en base al volumen de los granos que la integran (Flores, 2020).

Compactación: Es el proceso por el cual se aplica fuerza mecánica al suelo y se agrega un contenido óptimo de humedad a la masa del suelo, esto con la intención de reducir los vacíos del suelo expulsando el aire que habitan en los poros (Llique, 2015).

Óptimo contenido de humedad: Viene a ser el contenido de humedad de un suelo que, al ser compactado por medio de un esfuerzo, proporciona una máxima densidad seca (Quispe y Sañac, 2019).

Máxima densidad seca: Densidad más alta que alcanza un suelo al aumentar su densidad con la humedad óptima (Gabriel, 2020).

Pavimento: El pavimento viene a ser una conformación de diferentes capas, esta se encuentra construida sobre una subrasante con la finalidad de poder resistir y distribuir las fuerzas producidas por vehículos, incrementando así la seguridad y comodidad del tráfico (MTC, 2013).

Pavimento rígido: Son estructuras que presentan una capa superior de concreto hidráulico, esta se encuentra apoyada sobre una capa de base o subbase. La vida útil de este tipo de pavimento viene a ser 20 años y en algunos casos se encuentra constituido por acero para mejorar su resistencia (Condorchoa, 2019).

Pavimento flexible: Un pavimento flexible se encuentra compuesto por una carpeta asfáltica en la superficie de rodadura, la cual permite mínimas deformaciones de las capas inferiores sin ocasionar daños en su estructura (Humpiri, 2015).

Capa de rodadura: Esta capa viene a ser la parte superior de un pavimento, en este caso puede ser de tipo bituminoso (flexible) de concreto de cemento Portland (rígido) o también de adoquines. Su principal función es brindar una superficie donde se pueda sostener el tránsito (Moale y Rivera, 2019).

Base: Esta capa se encuentra por debajo de la capa de rodadura y tiene como principal objetivo aguantar, distribuir y transmitir la carga que son producidas por los vehículos. Esta capa estará compuesta por un material granular drenante con un CBR ≥ 80% o será tratada con cemento cal o asfalto (Moale y Rivera, 2019).

Subbase: Viene a ser la capa con un material ya especificado y que presenta un espesor de diseño, sobre esta se encuentra la base y la capa de rodadura. Esta capa también actúa como drenaje y controlador el movimiento del agua. La base puede obviarse dependiendo del diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede contar con material granular de un CBR ≥ 40% o puede ser trabajada con cemento, cal y asfalto (Moale y Rivera, 2019).

Suelos arcillosos: Estos suelos evidencian un elevado porcentaje de arcilla lo que hace que estos suelos sean débiles, debido a que, al incorporase un porcentaje de agua estos se comporten de una manera plástica, produciendo el fenómeno de expansión e hinchamiento, en consecuencia, este suelo pierde su capacidad portante (Jibaja, 2021).

Figura 10

Suelos arcillosos



Nota. Una subrasante que presenta este tipo de suelo es inadecuada para cualquier tipo de construcción vial debido a la baja capacidad portante que esta presenta.

Arcillas: Los silicatos de aluminio hidratados forman las arcillas, estas presentan un tamaño muy pequeño menor a 0.075 mm, debido a esto es que las arcillas son poco permeables. (Cedeño, 2013).

Figura 11

Muestra de arcillas de diferentes colores



Nota. Las arcillas se comportan de una manera muy plástica, esto dependiendo de la humedad a la cual estén expuestas.

Permeabilidad: Característica de un suelo, que indica, la escasa resistencia al paso del agua, cuando la relación de vacíos es menor, también la permeabilidad del suelo se reduce (Revolorio, 2013).

Cohesión: Fuerza al corte que presenta un suelo en carencia de cualquier esfuerzo de compresión que actúe sobre la estructura del suelo (De la Hoz, 2007).

Subrasante: La subrasante es el suelo de fundación donde se apoya toda la estructura de un pavimento; vale aclarar que este se encuentra libre de vegetación y compactado. Este material puede ser de carácter granular, afirmado, seleccionados o cribados, empedrados, extracciones de cantera o producto de cortes (Cedeño, 2013).

Estabilización de suelos: Procedimiento por el cual se optimiza las propiedades del suelo, tales como: su resistencia, su sensibilidad al agua, sus cambios de volumen y el control de la erosión. (Cañar, 2017).

Estabilización física: La estabilización física busca la obtención de una granulometría adecuada, esto se logra añadiendo materiales granulares, cohesivos o los dos al mismo tiempo, al suelo original, esta mezcla es entendida como la estabilización granulométrica, este por sí sola no genera los resultados esperados, por lo que necesita de la compactación (Fernández, 2017).

Estabilización con geosintéticos: Los geosintéticos crean una barrera de carácter permeable entre las estructuras y los suelos de diferentes texturas. Estos materiales preservan las propiedades mecánicas e hidráulicas, mientras que el agua fluye a través de las masas de suelo (Naranjo, 2011).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación para el presente trabajo de tesis es de carácter experimental, esto debido a que mediante el empleo de ambas variables se obtendrá información necesaria para poder modificar la realidad y observar los resultados obtenidos (Behar, 2008). En esta investigación al utilizar las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera como estabilizante para los suelos arcillosos, se logrará describir y evaluar el cambio producido en las propiedades físicas y mecánicas de mencionados suelos.

Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación es correlacional, lo que quiere el investigador es analizar cómo se relacionan las variables y ver así si estas tienen relación alguna o no, lo que se quiere conocer es cómo se comporta una variable respecto a la otras (Behar, 2008). El mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos dependerá de la efectividad que presentan las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera al ser utilizados como estabilizadores, esto se evaluará en torno a los resultados obtenidos de las muestras sometidas a los ensayos de laboratorio indicados en esta presente investigación.

4.2. Ámbito temporal y espacial

Temporal

La presente tesis se desarrolló una vez aprobado el proyecto de tesis, desde el 14 de noviembre de 2023 hasta diciembre del 2024.

Espacial

La Av. Vista Alegre de la urbanización Señor de los Milagros de la ciudad de Abancay, distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

4.3. Población y muestra

Población

Behar (2008), indica que la población viene a ser un conjunto de elementos que presentan similitudes en común.

Para la presente investigación la población que se tomo fue toda la vía de la Av. Vista Alegre ubicado en la urbanización Señor de los Milagros del distrito de Abancay.

Muestra

Esta viene a ser un conjunto de elementos que forman parte de la población, estos presentan características similares (Behar, 2008).

Por otra parte, las muestras no probabilísticas o dirigidas, vienen a ser una parte del total de la población, al escoger los elementos no se realiza en base a la posibilidad, sino que se toma en consideración las características de la investigación (Hernández et ál., 2014).

La muestra tomada en la presente tesis fue de 02 km de la Av. Vista Alegre, cabe precisar que se evaluó una sección pavimentada de la vía que consta de 400 metros lineales aproximadamente y, por otra parte, se realizó 03 calicatas en la zona no pavimentada que cuenta con una longitud de 1600 metros lineales.

Muestreo

El muestreo tomado en la presente tesis fue por conveniencia.

4.4. Instrumentos

Los instrumentos son medios por los cuales el investigador recolectará datos para el desarrollo de su investigación, estos pueden ser entrevistas, revistas, cuestionarios, etc. (Behar, 2012). En la presente tesis se utilizaron los siguientes instrumentos:

a) Ficha de recolección de datos, formatos de laboratorio ensayo de limite líquido y plástico.
b) Ficha de recolección de datos, formatos de laboratorio ensayo de Proctor modificado.

c) Ficha de recolección de datos, formatos de laboratorio ensayo de CBR.

Se emplearon los formatos del laboratorio Geotécnico INGEOCADING E.I.R.L.

4.5. Procedimientos

Los procedimientos ejecutados en la presente tesis fueron los ensayos de laboratorio realizado al espécimen de suelo patrón y al espécimen de suelo estabilizada con las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera. Inicialmente se evaluó la sección pavimentada de la zona de estudio y luego se realizaron 3 calicatas en la sección no pavimentada para sacar las muestras de suelo, dichas muestras se sometieron a los ensayos de: Limites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, una vez realizado dichos ensayos se obtuvieron los resultados de la muestra sin y con los estabilizantes mencionados, posterior a ello se realizó el análisis y comparación de estos resultados para poder evidenciar si existe o no una optimización en las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio.

4.6. Análisis de datos

En el análisis de datos se utilizó la distribución de T de Student para la media de dos muestras relacionadas, cuyo procedimiento se describe de la siguiente manera: Se determinó la hipótesis nula (H0) y la hipótesis alterna (H1) antes de iniciar con la recolección de datos.

Para el presente trabajo de investigación se tomó un valor α=0.05, lo que significa el riesgo que se asume de llegar a una conclusión errónea; a continuación, se muestra la ecuación utilizada para obtener T.

$$T = \frac{d.prom}{Sd/\sqrt{n}}$$

Donde:

- *d.prom*: Media de las diferencias.
- *Sd*: Desviación estándar.
- *n*: número de datos

Procesamiento de resultados

- H0= Hipótesis nula.
- H1= Hipótesis alterna.
- α=0.05.

Prueba de hipótesis para la hipótesis especifica "1"

a. Con el 5% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 4

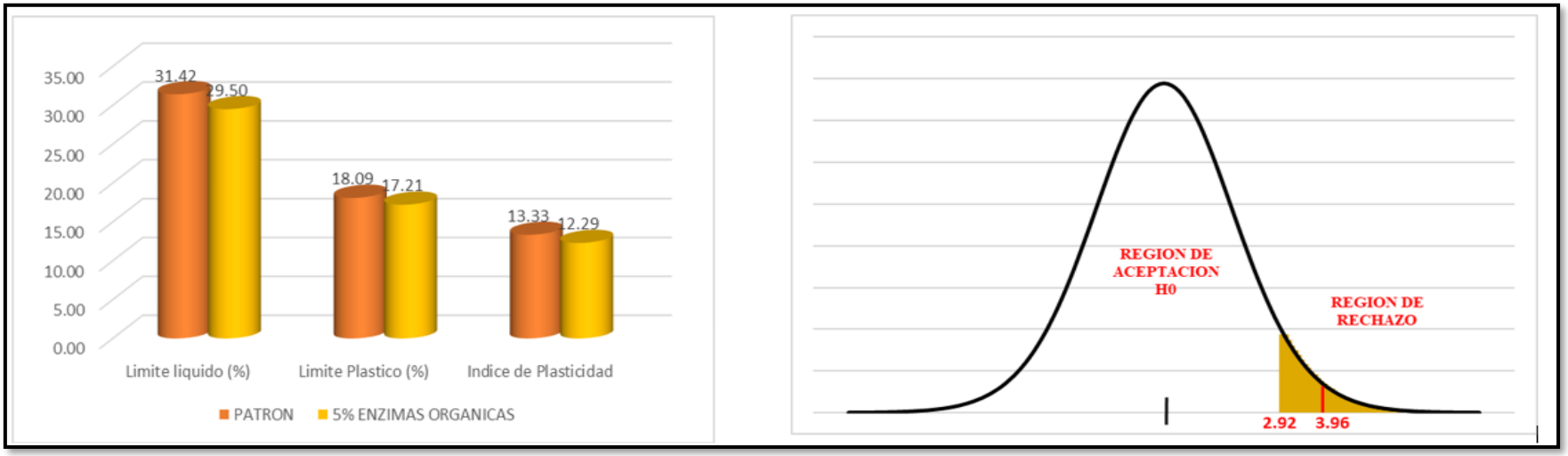
Prueba de hipótesis específica 1 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	PATRON	5% ENZIMAS ORGANICAS	DIFERENC.	PROM. (d)	DES V. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) crítico*	*t. calculado*	*p. valor*
Limite liquido (%)	31.42	29.50	1.92								
Limite Plástico (%)	18.09	17.21	0.88	1.28	0.56	3.00	2.00	0.05	**2.9200**	**3.9590**	**0.0291**
Índice de Plasticidad	13.33	12.29	1.04								

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del ensayo de Limites de Atterberg: limite líquido y plástico e índice de plasticidad.

Figura 12

Distribución T de Student para la hipótesis específica 1 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de Atterberg tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 5%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 3.96 € a la región de rechazo de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos la hipótesis alterna H1.

H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

b. Con el 10% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 5

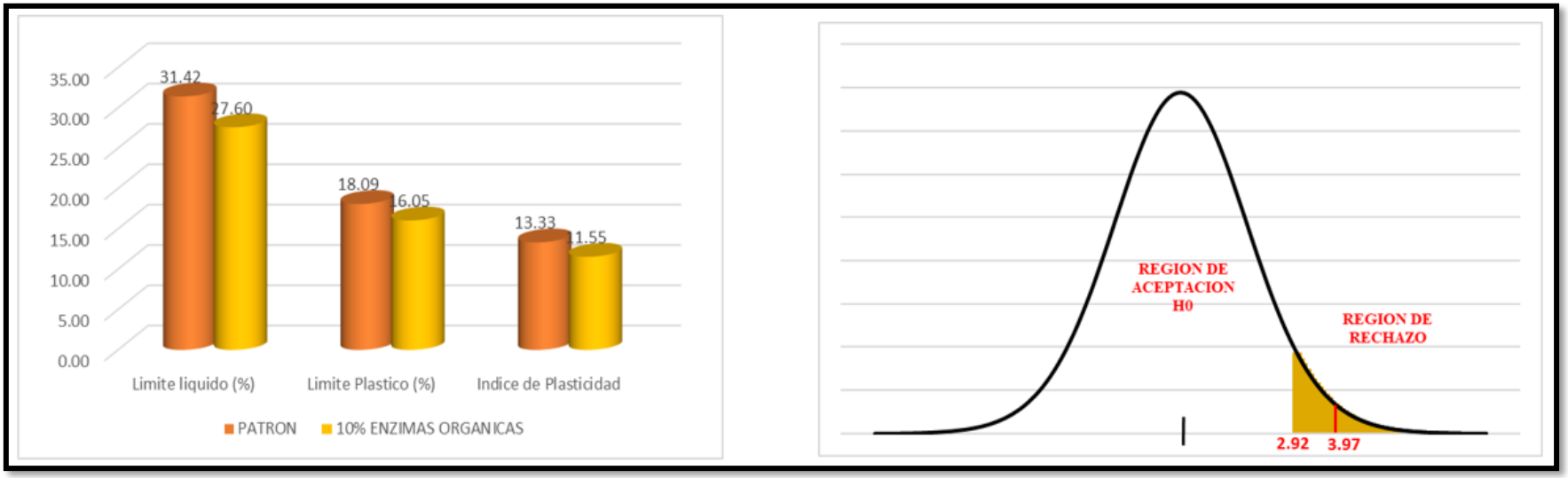
Prueba de hipótesis específica 1 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	PATRON	10% ENZIMAS ORGANICAS	DIFERENC.	PROM. (d)	DES V. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) crítico*	*t. calculado*	*p. valor*
Limite liquido (%)	31.42	27.60	3.82								
Limite Plástico (%)	18.09	16.05	2.04	2.55	1.11	3.00	2.00	0.05	**2.9200**	**3.9725**	**0.0290**
Índice de Plasticidad	13.33	11.55	1.78								

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del ensayo de Limites de Atterberg: limite líquido y plástico e índice de plasticidad.

Figura 13

Distribución T de Student para la hipótesis específica 1 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de Atterberg tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 10%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 3.97 € a la región de rechazo de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos la hipótesis alterna H1.

H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

c. Con el 15% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 6

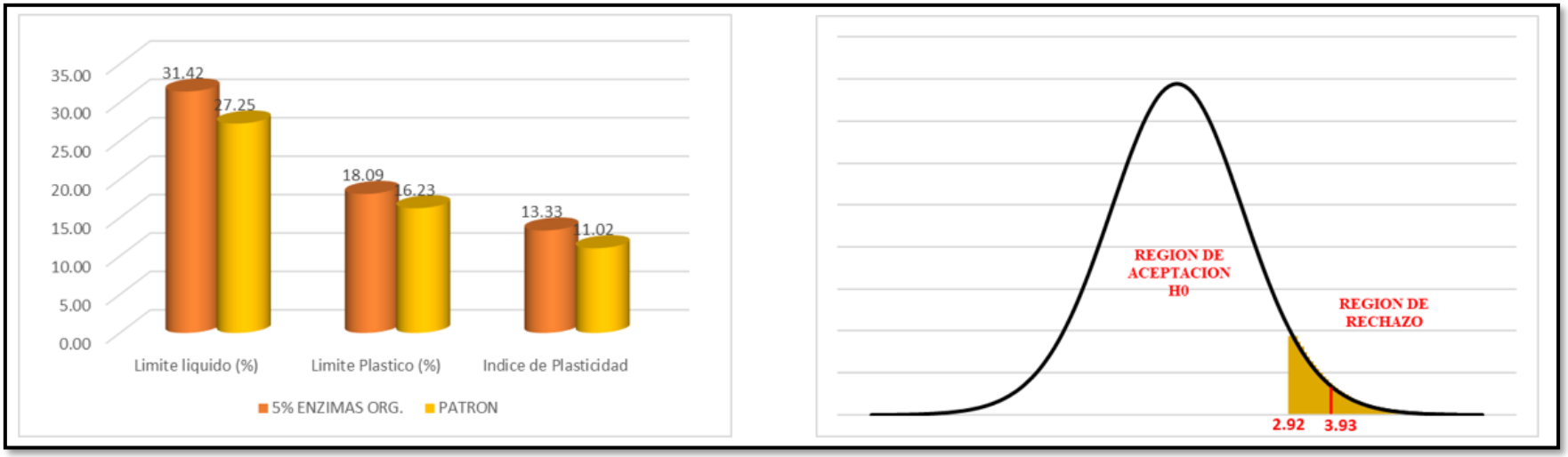
Prueba de hipótesis específica 1 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	PATRON	15% ENZIMAS ORGANICAS	DIFERENC.	PROM. (d)	DESV. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α);(n-1) crítico*	*t. calculado*	*p. valor*
Limite liquido (%)	31.42	27.25	4.17								
Limite Plástico (%)	18.09	16.23	1.86	2.78	1.22	3.00	2.00	0.05	**2.9200**	**3.9319**	**0.0295**
Índice de Plasticidad	13.33	11.02	2.31								

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del ensayo de Limites de Atterberg: limite líquido y plástico e índice de plasticidad.

Figura 14

Distribución T de Student para la hipótesis específica 1 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de Atterberg tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 15%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 3.93 € a la región de rechazo de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos la hipótesis alterna H1.

H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de límites de Atterberg para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Prueba de hipótesis para la hipótesis especifica "2"

a. Con el 5% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 7

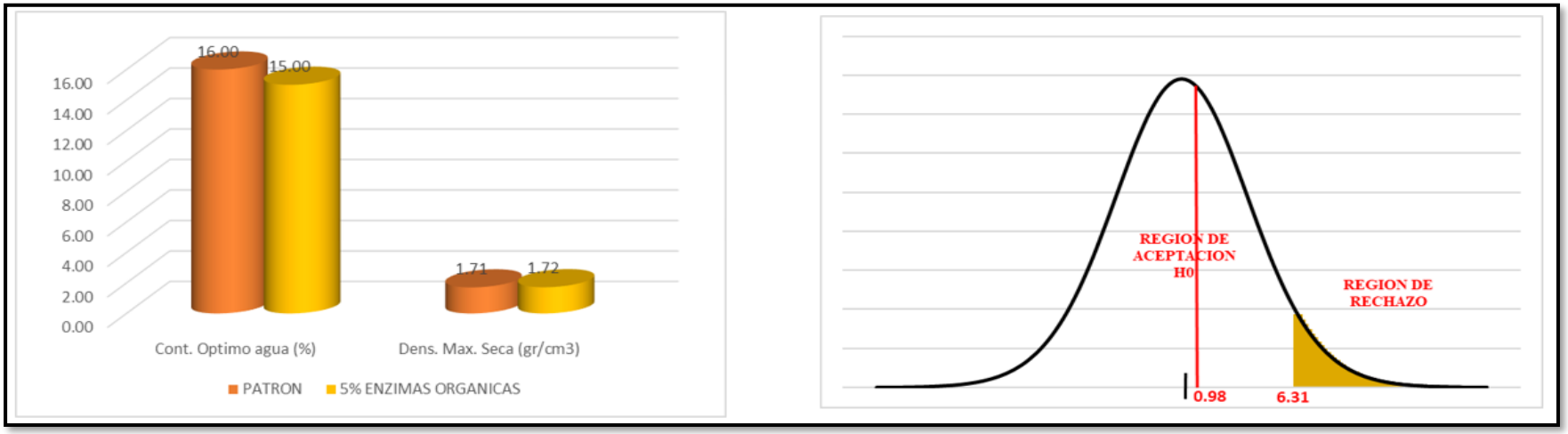
Prueba de hipótesis específica 2 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	PATRON	5% ENZIMAS ORGANICAS	DIFERENC.	PROM. (d)	DES V. STN D.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) crítico*	*t. calculado*	*p. valor*
Cont. Optimo agua (%)	16.00	15.00	1.00								
Dens. Max. Seca (gr/cm3)	1.71	1.72	-0.01	0.50	0.71	2.00	1.00	0.05	**6.3138**	**0.9802**	**0.2532**

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del optimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

Figura 15

Distribución T de Student para la hipótesis específica 2 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de Proctor modificado tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 5%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 0.98 € a la región de aceptación de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos esta hipótesis.

H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

b. Con el 10% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 8

Prueba de hipótesis específica 2 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	PATRON	10% ENZIMAS ORGANICAS	DIFERENC.	PROM. (d)	DES V. STN D.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) crítico*	*t. calculado*	*p. valor*
Cont. Optimo agua (%)	16.00	13.80	2.20								
Dens. Max. Seca (gr/cm3)	1.71	1.75	-0.04	1.08	1.58	2.00	1.00	0.05	**6.3138**	**0.9643**	**0.2558**

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del optimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

Figura 16

Distribución T de Student para la hipótesis específica 2 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de Proctor modificado tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 10%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 0.96 € a la región de aceptación de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos esta hipótesis.

H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

c. Con el 15% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 9

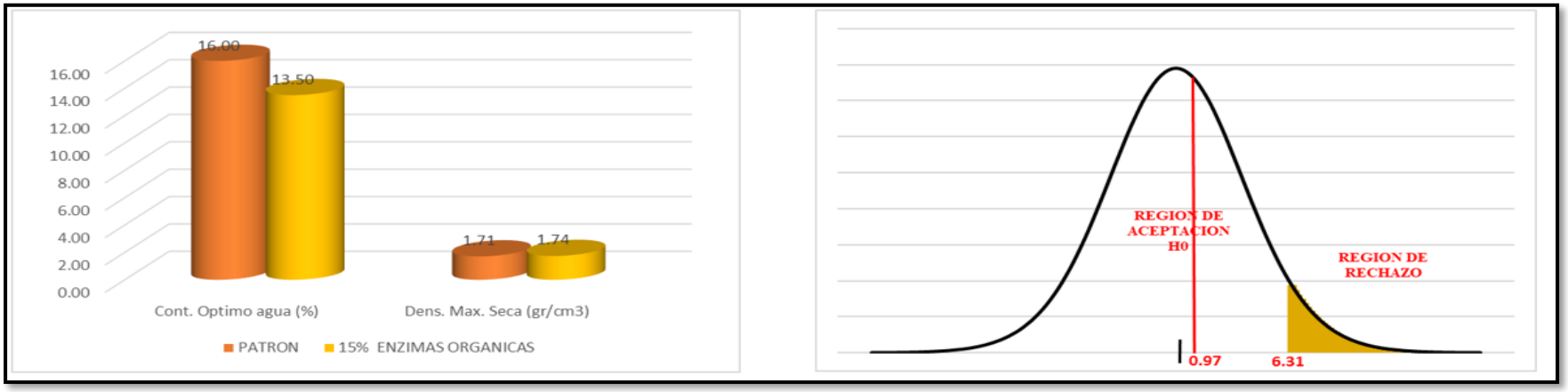
Prueba de hipótesis específica 2 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	PATRON	15% ENZIMAS ORGANICAS	DIFERENC.	PROM. (d)	DES V. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) crítico*	*t. calculado*	*p. valor*
Cont. Optimo agua (%)	16.00	13.50	2.50								
Dens. Max. Seca(gr/cm3)	1.71	1.74	-0.03	1.24	1.79	2.00	1.00	0.05	**6.3138**	**0.9763**	**0.2538**

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del optimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

Figura 17

Distribución T de Student para la hipótesis específica 2 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de Proctor modificado tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 15%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 0.97 € a la región de aceptación de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos esta hipótesis.

H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de Proctor modificado para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Prueba de hipótesis para la hipótesis especifica "3"

a) Con el 5% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 10

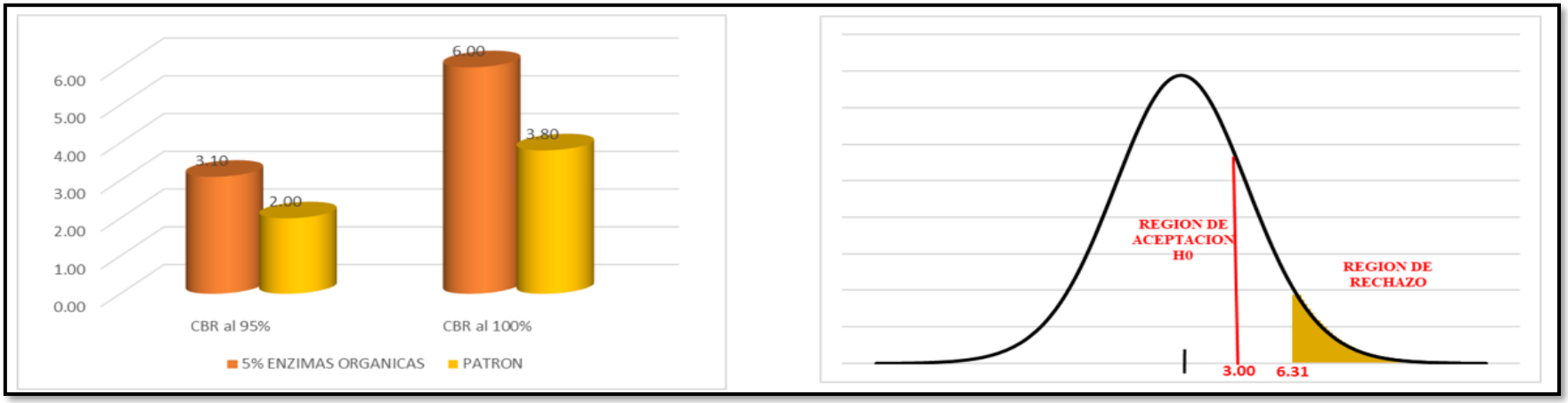
Prueba de hipótesis específica 3 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	5% ENZIMAS ORGANICAS	PATRON	DIFERENC.	PROM. (d)	DES V. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) critico*	*t. calculado*	*p. valor*
CBR al 95%	3.10	2.00	1.10								
CBR al 100%	6.00	3.80	2.20	1.65	0.78	2.00	1.00	0.05	**6.3138**	**3.0000**	**0.1024**

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del optimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

Figura 18

Distribución T de Student para la hipótesis específica 3 con el 5% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de CBR tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 5%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 3.00 € a la región de aceptación de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos esta hipótesis.

H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Con el 10% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 11

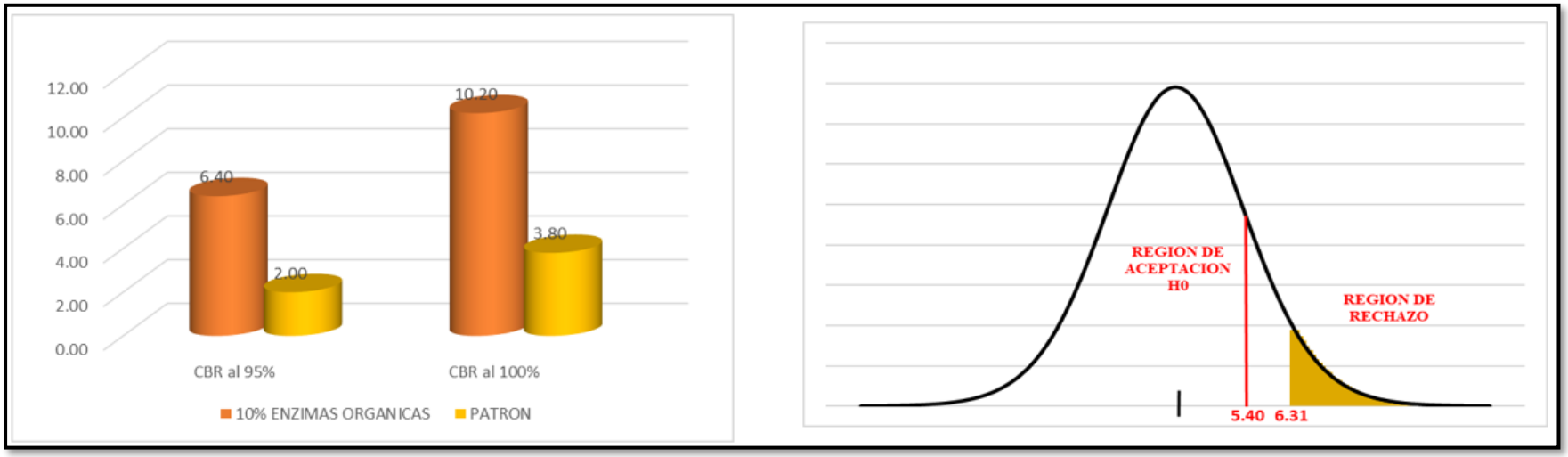
Prueba de hipótesis específica 3 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	10% ENZIMAS ORGANICAS	PATRON	DIFERENC.	PROM. (d)	DESV. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) critico*	*t. calculado*	*p. valor*
CBR al 95%	6.40	2.00	4.40								
CBR al 100%	10.20	3.80	6.40	5.40	1.41	2.00	1.00	0.05	**6.3138**	**5.4000**	**0.0583**

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del CBR al 95% y 100%.

Figura 19

Prueba de hipótesis específica 3 con el 10% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de CBR tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 10%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 5.40 € a la región de aceptación de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos esta hipótesis.

H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

b) Con el 15% de adición de enzimas orgánicas de caña de azúcar y aloe vera se tiene:

- H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.
- H1= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera si influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

Tabla 12

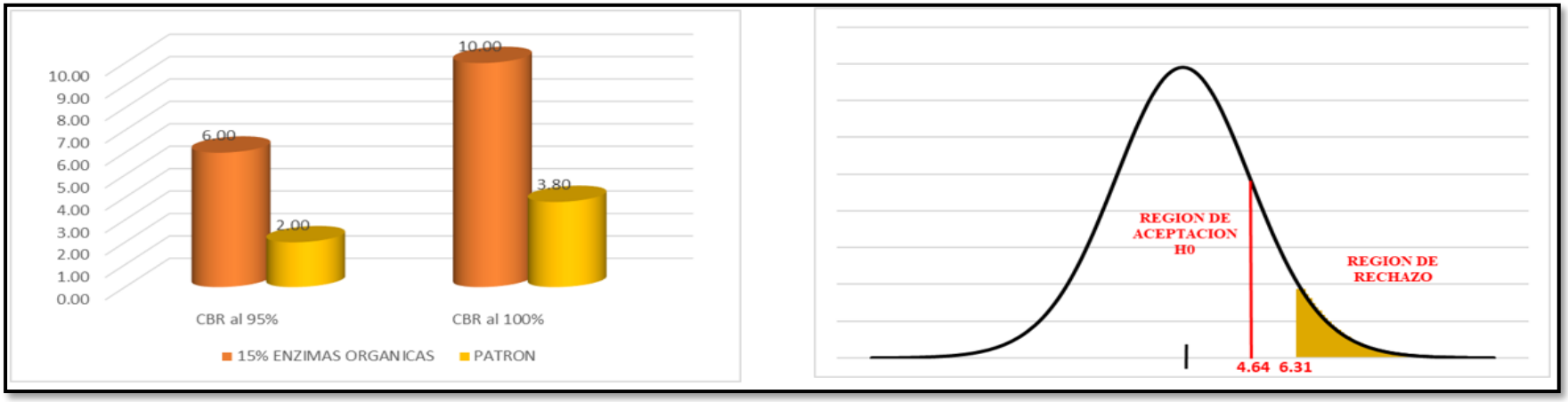
Prueba de hipótesis específica 3 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.

ENSAYO	15% ENZIMAS ORGANICAS	PATRON	DIFERENC.	PROM. (d)	DESV. STND.	n	G. L	N.SIG. (α)	*t(1-α) ;(n-1) critico*	*t. calculado*	*p. valor*
CBR al 95%	6.00	2.00	4.00								
CBR al 100%	10.00	3.80	6.20	5.10	1.56	2.00	1.00	0.05	**6.3138**	**4.6364**	**0.0676**

Nota. Para esta prueba se tomaron los parámetros del CBR al 95% y 100%.

Figura 20

Distribución T de Student para la hipótesis específica 3 con el 15% de adición de enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera.



Nota. En el gráfico de barras se observa los parámetros obtenidos en el ensayo de CBR tanto de la muestra patrón y con la adición de las enzimas orgánicas en un 15%. Por otra parte, en el gráfico de la derecha se observa que, en T= 4.64 € a la región de aceptación de la hipótesis nula H0, entonces aceptamos esta hipótesis.

H0= La adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera no influyen en el ensayo de CBR para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023.

4.7. Consideraciones éticas

En el proceso de desarrollo de la presente tesis, al recolectar datos se trabajó de manera responsable y legitima, siempre respetando los derechos de autor de las fuentes de información utilizadas.

Por otro lado, se respetó el procedimiento técnico y metodológico, basándonos siempre en las teorías aplicadas en el presente trabajo de tesis.

Además, se trabajó teniendo en cuenta la formación ética como profesionales sin dejar de lado la sinceridad y honestidad, se tuvo siempre un enfoque social, atendiendo a la problemática identificada en la presente investigación, por tal motivo los resultados obtenidos, sean positivos o negativos, se están plasmando de manera transparente y legítima.

Finalmente, en cuanto al reglamento del investigador de la universidad, cumplió de manera responsable y honesta con los indicares establecidos en mencionado documento.

V. Resultados y discusión

Resultados

Descripción de la zona de estudio y ubicación de calicatas

La vía en estudio presenta 02 carriles con un ancho de calzada entre 6 a 7 metros, es una vía que presenta un volumen de tránsito vehicular regular, por último, dicha vía se encuentra ubicado en la Urbanización Señor De Los Milagros, que políticamente corresponde al distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, a continuación, se detallan la ubicación de las calicatas realizadas para la extracción de muestras de suelo.

Tabla 13

Ubicación de calicatas

CALICATA	TRAMO	ESTE	NORTE	CAPA	OBS.
C-01	Av. Vista alegre	727702	8491681	Subrasante	-
C-02	Av. Vista alegre	727544	8491769	Subrasante	-
C-03	Av. Vista alegre	727368	8491650	Subrasante	-

Nota. Elaboración propia.

Figura 21

Calicata N°01



Nota. En este caso ya existía un corte de talud con maquinaria pesada de aproximadamente 15 metros de alto y en donde se puede observar la estratigrafía del suelo, por ende, se extrajo la muestra de suelo de la base del corte existente para posteriormente llevarlo a laboratorio para proceder con los ensayos correspondientes; finalmente cabe indicar que dicho corte se encuentra a la margen derecha de la vía en estudio.

Figura 22

Calicata N°02



Nota. Elaboración propia.

Figura 23

Calicata N°03



Nota. Elaboración propia.

Perfiles estratigráficos

Para elaborar un perfil estratigráfico se utilizan las muestras alteradas para identificar el tipo de suelo y así poder realizar las pruebas de índice, una vez obtenidas estos resultados y teniendo además la clasificación de los suelos realizada previamente en campo se puede generar el perfil estratigráfico de los suelos existentes en una determinada zona.

Figura 24

Estratigrafía del suelo

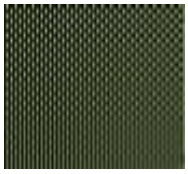


Nota. Un perfil estratigráfico nos muestra las diferentes capas que componen un suelo.

Para la presente tesis se ha realizado un muestreo de 03 calicatas, las muestras de suelo obtenidas de las 03 calicatas fueron llevadas a laboratorio para realizar los ensayos correspondientes; a continuación, se detalla el perfil estratigráfico de cada una de las muestras de suelo.

Tabla 14

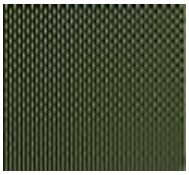
Perfil estratigráfico calicata 01 (C-01)

TABLA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO C-01							
" Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023"							C - 01 E:727702 N: 8491681
PROF. (m)		COTA TERR (m.s.n.m.)	SUCS	ESPES.	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBS.
		2378.00				Nivel Terreno natural	
	1.50		PT	0.20		Suelo orgánico y antrópico (presencia de vegetación baja, además un relleno de suelo ajeno a aun estrato natural)	
			CL	1.30		**TIPO DE SUELO:** NOMBRE DE GRUPO: Arena limosa arcillosa con grava **PARTICULAS DEL SUELO** % FINOS: 56.90 % ARENAS: 31.1 % GRAVAS: 11.99 **LIMITES DE ATTERBERG** LIMITE LIQUIDO: 31 LIMITE PLASTICO: 18.09 INDICE DE PLASTICIDAD: 13.33 **COLOR** Pardo amarillento	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 15

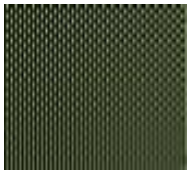
Perfil estratigráfico calicata 02 (C-02)

TABLA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO C -02							
" Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023"						C - 02 E: 727544 N: 8491769	
PROF. (m)		COTA TERR (m.s.n.m.)	SUCS	ESPES.	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBS.
		2380.00				Nivel Terreno natural	
	1.50		PT	0.20		Suelo orgánico y antrópico (presencia de vegetación baja, además un relleno de suelo ajeno a aun estrato natural)	
			GC	1.30		**TIPO DE SUELO:** NOMBRE DE GRUPO: Arena limosa arcillosa con grava **PARTICULAS DEL SUELO** % FINOS: 23.40 % ARENAS: 36.6 % GRAVAS: 40.03 **LIMITES DE ATTERBERG** LIMITE LIQUIDO: 26 LIMITE PLASTICO: 15.25 INDICE DE PLASTICIDAD: 11.20 **COLOR** Pardo amarillento	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

Perfil estratigráfico calicata 03 (C-03)

TABLA DE PERFIL ESTRATIGRAFICO C -03							
" Influencia de la adición de enzimas de caña de azúcar y aloe vera para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, Av. Vista Alegre, Abancay – 2023"							C - 03 E:727368 N:8491650
PROF. (m)		COTA TERR (m.s.n.m.)	SUCS	ESPES.	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBS.
		2385.00				Nivel Terreno natural	
	1.50		PT	0.20		Suelo orgánico y antrópico (presencia de vegetación baja, además un relleno de suelo ajeno a aun estrato natural)	
			SC	1.30		**TIPO DE SUELO:** NOMBRE DE GRUPO: Arena limosa arcillosa con grava **PARTICULAS DEL SUELO** % FINOS: 41.30 % ARENAS: 48.1 % GRAVAS: 10.61 **LIMITES DE ATTERBERG** LIMITE LIQUIDO: 25 LIMITE PLASTICO: 14.20 INDICE DE PLASTICIDAD: 10.90 **COLOR** Pardo amarillento	

Nota. Elaboración propia.

Ensayos de laboratorio en el suelo natural

Los ensayos de laboratorio que se realizaron a las muestras de suelo extraídas de las 03 calicatas, se han desarrollado bajo en contenido y los lineamientos del MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS EM-2016, APROBADO MEDIANTE DS N° 034-2008-MTC, que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials) y la norma AASHTO; los ensayos y análisis de laboratorio fueron: Análisis granulométrico de suelos por tamizado, determinación del contenido de humedad de un suelo, determinación del límite líquido de los suelos, determinación de límite plástico de los suelos, Proctor modificado y CBR, a continuación se detallan los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados.

Figura 25

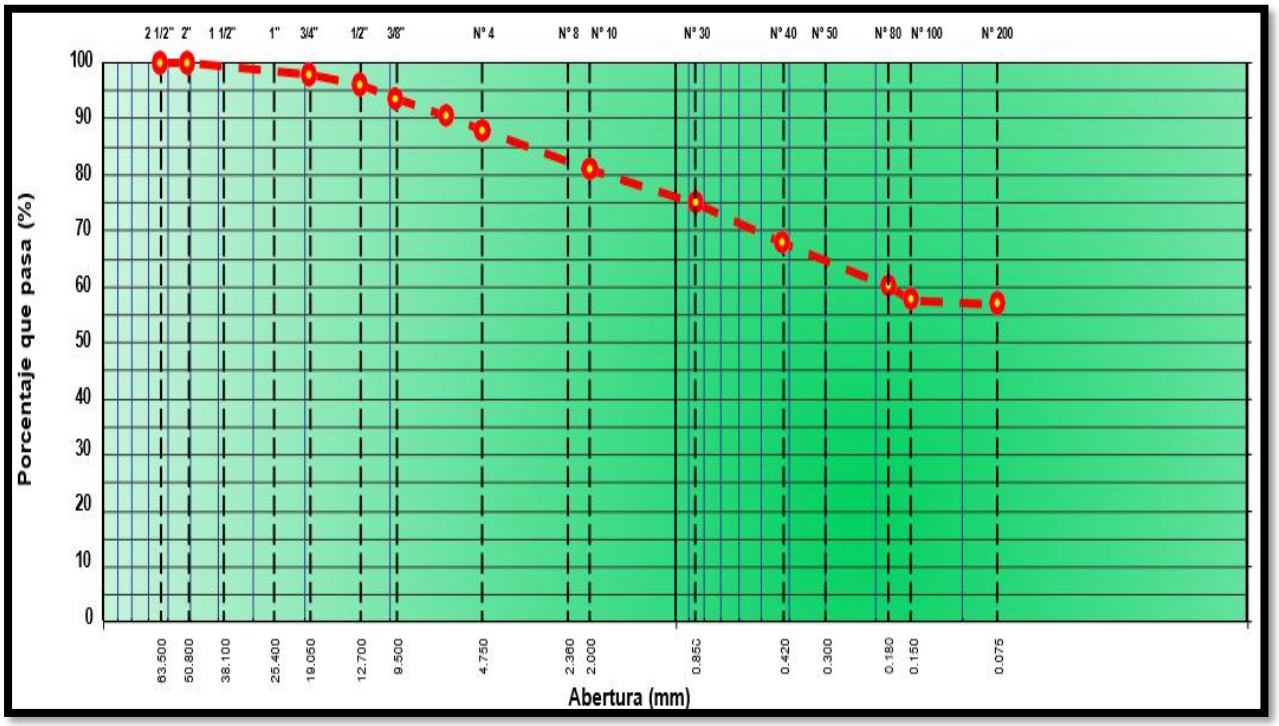
Análisis granulométrico muestra de suelo – calicata N°01

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. (g)	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200				100.0	PESO TOTAL	=	1,824.0	g
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0				g
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO FINO	=	568.3	g
1 1/2"	38.100	0.0		0.0		LÍMITE LÍQUIDO	=	31	%
1"	25.400	0.0		0.0		LÍMITE PLÁSTICO	=	18	%
3/4"	19.050	40.0	2.2	2.2	97.8	ÍNDICE PLÁSTICO	=	13	%
5/8"	16.000	0.0		2.2		% HUMEDAD	=	12.2	
0.53"	13.200	0.0		2.2					
1/2"	12.700	32.1	1.8	4.0	96.0	CLASF. SUCS	=	CL	
3/8"	9.500	44.3	2.4	6.4	93.6	CLASF. AASHTO	=	A-6(5)	
0.265"	6.700	0.0		6.4		Cu	=		
1/4"	6.350	57.3	3.1	9.5	90.5	Cc	=		
# 4	4.750	45.0	2.5	12.0	88.0	INDICE DE CONSISTENC	=	1.44	
# 8	2.360	0.0		12.0				Solido	
# 10	2.000	129.8	7.1	19.1	80.9	POT. DE EXPANSIÓN	=	Bajo	
# 16	1.190	0.0		19.1		D10=	D30=	D60=	0.148
# 20	0.850	111.3	6.1	25.2	74.8	NOMBRE DE GRUPO: **Arena limosa arcillosa con grava**			
# 30	0.600	0.0		25.2					
# 40	0.420	129.3	7.1	32.3	67.7				
# 50	0.300	0.0		32.3		% Grava	=	12.0	%
# 80	0.180	138.8	7.6	39.9	60.1	%Arena	=	31.1	%
# 100	0.150	46.1	2.5	42.4	57.6	% Fino	=	56.9	%
# 200	0.075	11.9	0.7	43.1	56.9				
< # 200	FONDO	1.0	0.1	43.1	56.9				
FINO									
TOTAL									

Nota. Elaboración propia.

Figura 26

Curva granulométrica muestra de suelo – calicata N°01



Nota. Elaboración propia.

Tabla 17

Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo – calicata N°01

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	**1**	**2**	**3**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**70.45**	**47.43**	**69.03**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**64.55**	**43.05**	**63.50**
PESO DE AGUA (g)	5.90	4.38	5.53
PESO DEL TARRO (g)	**46.41**	**29.11**	**45.30**
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.14	13.94	18.20
% DE HUMEDAD	**32.52**	**31.42**	**30.38**
Nº DE GOLPES	**17**	**25**	**34**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18

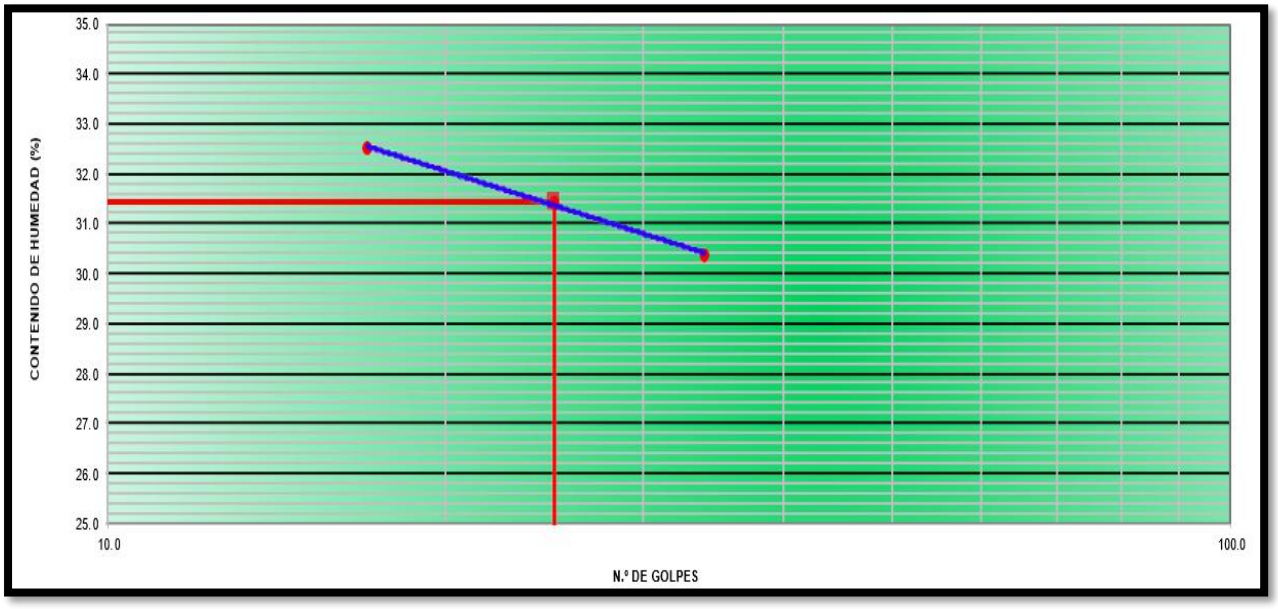
Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo – calicata N°01

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	4	5	**6**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**56.89**	**57.43**	**60.01**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**55.25**	**55.82**	**59.43**
PESO DE AGUA (g)	1.64	1.61	0.58
PESO DEL TARRO (g)	**46.21**	**46.90**	**45.5**
PESO DEL SUELO SECO (g)	9.04	8.92	3.21
% DE HUMEDAD	**18.14**	**18.05**	**18.07**

Nota. Elaboración propia.

Figura 27

Diagrama de fluidez muestra de suelo – calicata N°01



Nota. Elaboración propia.

Tabla 19

Ensayo de compactación muestra de suelo – calicata N°01

COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN			**:**	**A**	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA			**:**	**25**	
NUMERO DE CAPAS			**:**	**5**	
NÚMERO DE ENSAYO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	**5133**	**5169**	**5235**	**5266**	**5249**
PESO DE MOLDE (g)	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**
PESO SUELO HÚMEDO (g)	1735	1771	1837	1868	1851
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	**933**	**933**	**933**	**933**	**933**
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	**1.86**	**1.90**	**1.97**	**2.00**	**1.98**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20

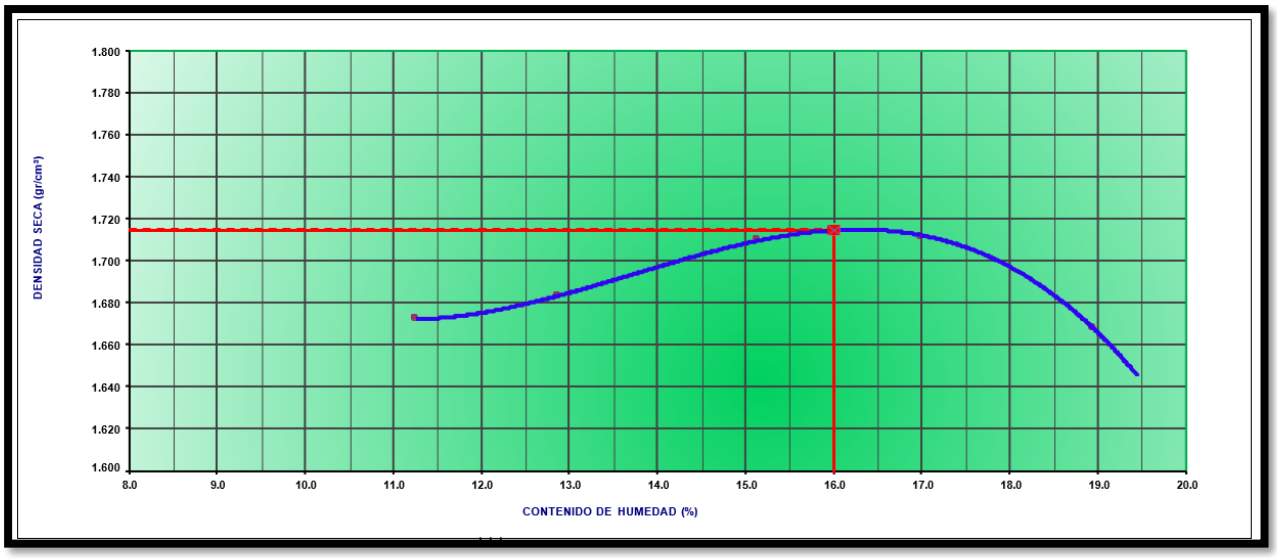
Contenido de humedad muestra de suelo – calicata N°01

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	**723.2**	**710.5**	**725.3**	**755.2**	**745.2**
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	**650.0**	**629.5**	**629.9**	**645.5**	**626.5**
PESO DE LA TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DE AGUA (g)	73.2	81.0	95.4	109.7	118.7
PESO DE SUELO SECO (g)	650.0	629.5	629.9	645.5	626.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.3	12.9	15.1	17.0	18.9
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.67**	**1.68**	**1.71**	**1.71**	**1.67**
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.715**	**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)**			**16.00**

Nota. Elaboración propia.

Figura 28

Curva de compactación muestra de suelo – calicata N°01



Nota. Elaboración propia.

Tabla 21

Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo – calicata N°01

Molde Nº	**1**		**2**		**3**	
Capas Nº	**5**		**5**		**5**	
Golpes por capa Nº	**56**		**25**		**12**	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12755	12812	12297	12398	12066	12197
Peso de molde (g)	8232	8232	8136	8136	8142	8142
Peso del suelo húmedo (g)	4523	4580	4161	4262	3924	4055
Volumen del molde (cm3)	2278	2279	2238	2239	2255	2255

Densidad húmeda (g/cm3)	1.986	2.010	1.859	1.904	1.740	1.798
Tara						
Peso suelo húmedo + tara (g)	475.5	485.5	475.2	495.6	480.1	502.1
Peso suelo seco + tara (g)	410.2	416.5	410.1	421.2	414.1	423.1
Peso de tara (g)		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	65.3	69.0	65.1	74.4	66.0	79.0
Peso de suelo seco (g)	410.2	416.5	410.1	421.2	414.1	423.1
Contenido de humedad (%)	15.92	16.6	15.9	17.7	15.9	18.7
Densidad seca (g/cm3)	1.713	1.724	1.605	1.618	1.501	1.515

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22

Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo – calicata N°01

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
5/04/2024	13:10	0	0.00	0.000		0.00	0.000		0.00	0.000	
6/04/2024	13:10	24	8.00	0.203	1.7%	10.00	0.254	2.2%	13.00	0.317	2.7%
7/04/2024	13:10	48	11.00	0.279	2.4%	12.00	0.305	2.6%	15.00	0.366	3.1%
8/04/2024	13:10	72	14.00	0.356	3.1%	14.00	0.356	3.1%	17.00	0.415	3.6%
9/04/2024	13:10	96	16.00	0.406	3.5%	15.00	0.381	3.3%	21.00	0.512	4.4%

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23

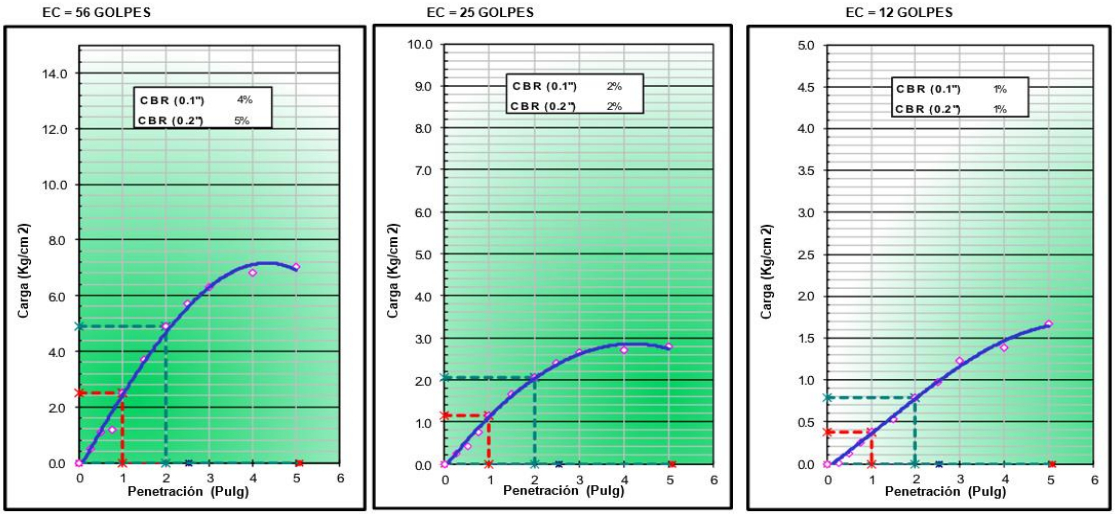
Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo – calicata N°01

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N.º				MOLDE N.º				MOLDE N.º			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulg.	**kg/cm²**	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.000		**0**	0.0			**0**	0.0			**0**	0.0		
0.250		**10.1**	0.5			**5.4**	0.2			**0.7**	0.0		
0.500		**21.8**	1.1			**8.9**	0.4			**3.1**	0.1		
0.750		**23.3**	1.2			**15.4**	0.8			**5.6**	0.3		
1.000	70.455	**49.8**	2.5	2.5	4	**22.9**	1.1	1.1	2	**8.1**	0.4	0.4	1
1.500		**73.2**	3.7			**32.8**	1.6			**11.1**	0.5		
2.000	105.682	**96.1**	4.9	4.9	5	**40.8**	2.1	2.1	2	**16.1**	0.8	0.8	1
2.500		**112.1**	5.7			**47.5**	2.4			**19.8**	1.0		
3.000		**124.0**	6.3			**52.6**	2.7			**24.7**	1.2		
4.000		**133.3**	6.8			**53.6**	2.7			**27.8**	1.4		
5.000		**138.0**	7.0			**55.1**	2.8			**33.2**	1.7		

Nota. Elaboración propia.

Figura 29

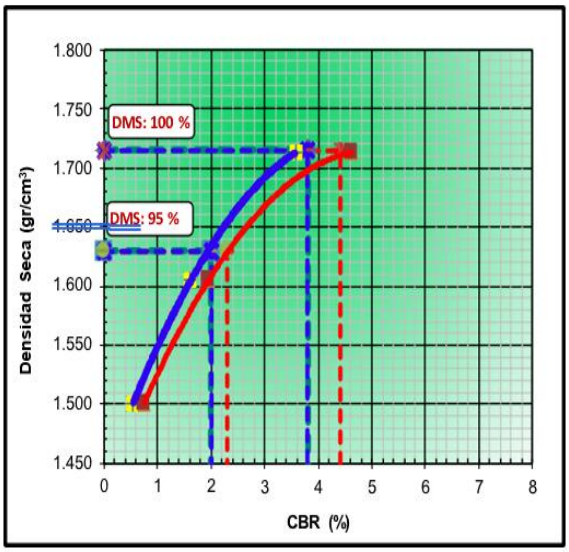
Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo – calicata N°01



Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo – calicata N°01



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.715
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	16.00
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.629

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	3.8	Coef (Mpa) K sr:	33.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	2.0	Coef (Mpa) K sr:	18.4
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.2":	4.4	Coef (Mpa) K sr:	36.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.2":	2.3	Coef (Mpa) K sr:	21.5

RESULTADOS: **CBR a 1 pulgada (2.54 cm)**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	3.8	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	2.0	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	3.49%	

CBR a 2 pulgada (5.08 cm)

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	4.4	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	2.3	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	3.49%	

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

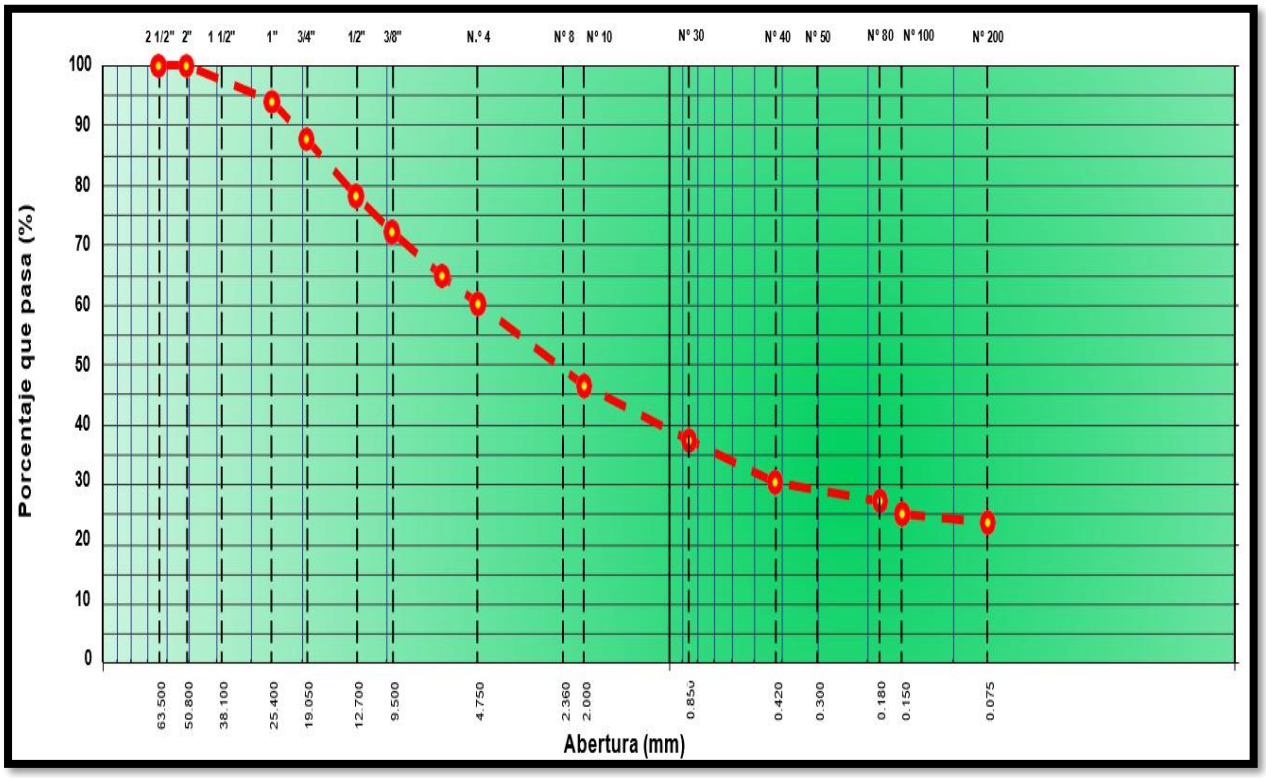
Análisis granulométrico muestra de suelo – calicata N°02

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. (g)	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200				100.0	PESO TOTAL	=	1,782.0	g
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0				g
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO FINO	=	653.3	g
1 1/2"	38.100	0.0		0.0		LÍMITE LÍQUIDO	=	26	%
1"	25.400	110.2	6.2	6.2	93.8	LÍMITE PLÁSTICO	=	15	%
3/4"	19.050	109.5	6.1	12.3	87.7	ÍNDICE PLÁSTICO	=	11	%
5/8"	16.000	0.0		12.3		% HUMEDAD	=	10.7	
0.53"	13.200	0.0		12.3					
1/2"	12.700	173.2	9.7	22.0	78.0	CLASF. SUCS	=	GC	
3/8"	9.500	107.1	6.0	28.1	71.9	CLASF. AASHTO	=	A-2-6(0)	
0.265"	6.700	0.0		28.1		Cu	=		
1/4"	6.350	129.2	7.3	35.3	64.7	Cc	=		
# 4	4.750	84.2	4.7	40.0	60.0	INDICE DE CONSISTENC	=	1.40	
# 8	2.360	0.0		40.0				Solido	
# 10	2.000	239.6	13.4	53.5	46.5	POT. DE EXPANSIÓN	=	Bajo	
# 16	1.190	0.0		53.5		D10=	D30=	D60= 4.75	
# 20	0.850	164.2	9.2	62.7	37.3	NOMBRE DE GRUPO: Arena limosa arcillosa con grava			
# 30	0.600	0.0		62.7					
# 40	0.420	124.6	7.0	69.7	30.3				
# 50	0.300	0.0		69.7		% Grava	=	40.0	%
# 80	0.180	57.2	3.2	72.9	27.1	%Arena	=	36.6	%
# 100	0.150	39.9	2.2	75.1	24.9	% Fino	=	23.4	%
# 200	0.075	26.9	1.5	76.6	23.4				
< # 200	FONDO	0.9	0.1	76.7	23.3				
FINO									
TOTAL									

Nota. Elaboración propia.

Figura 32

Curva granulométrica muestra de suelo – calicata N°02



Nota. Elaboración propia.

Tabla 24

Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo – calicata N°02

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	**1**	**2**	**3**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**68.50**	**69.90**	**70.12**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**63.55**	**64.59**	**65.11**
PESO DE AGUA (g)	4.95	5.31	5.01
PESO DEL TARRO (g)	**45.65**	**44.60**	**45.30**
PESO DEL SUELO SECO (g)	17.90	19.99	19.81
% DE HUMEDAD	**27.65**	**26.56**	**25.29**
Nº DE GOLPES	**17**	**26**	**35**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25

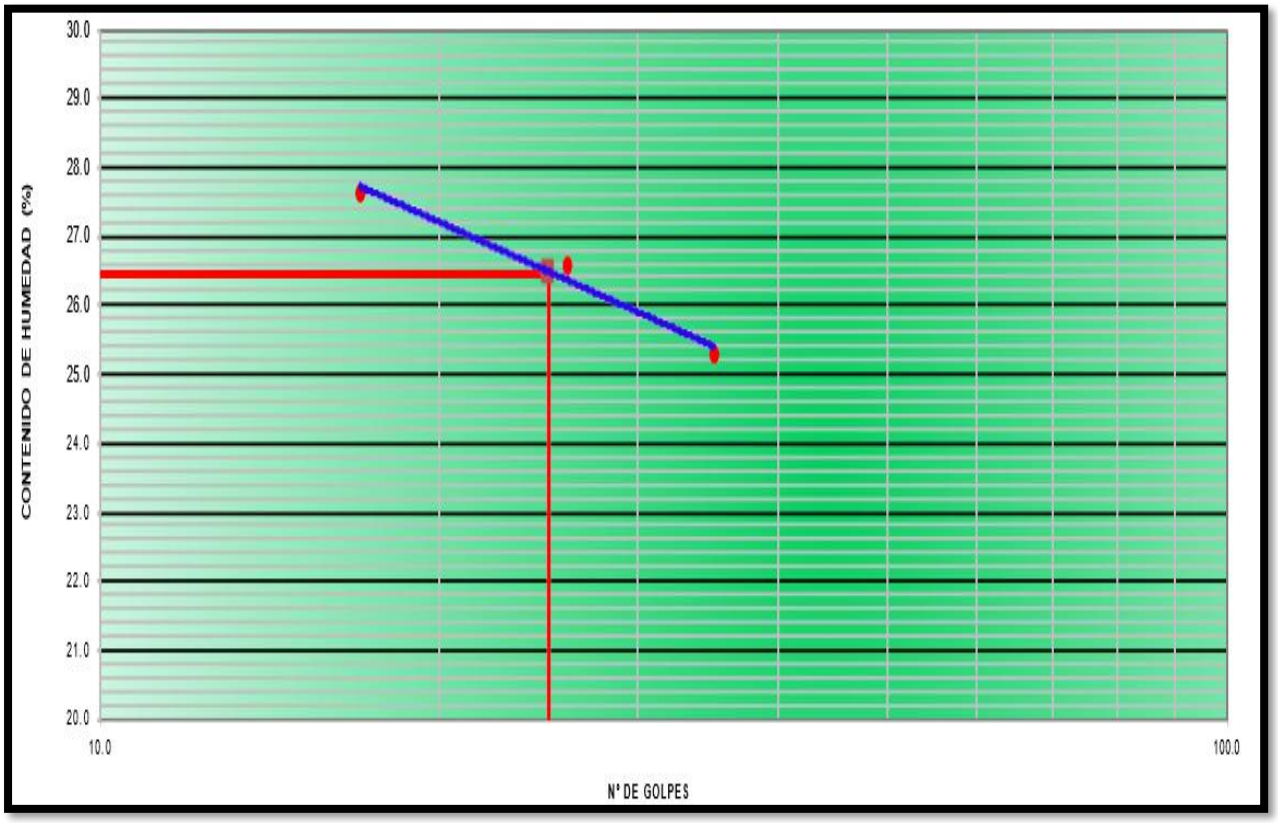
Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo – calicata N°02

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	**4**	**5**	**6**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**55.65**	**54.12**	**56.41**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**54.30**	**52.90**	**55.92**
PESO DE AGUA (g)	1.35	1.22	0.49
PESO DEL TARRO (g)	**45.50**	**44.85**	**44.65**
PESO DEL SUELO SECO (g)	8.80	8.05	3.21
% DE HUMEDAD	**15.34**	**15.16**	**15.26**

Nota. Elaboración propia.

Figura 33

Diagrama de fluidez muestra de suelo – calicata N°02



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Análisis granulométrico muestra de suelo – calicata N°03

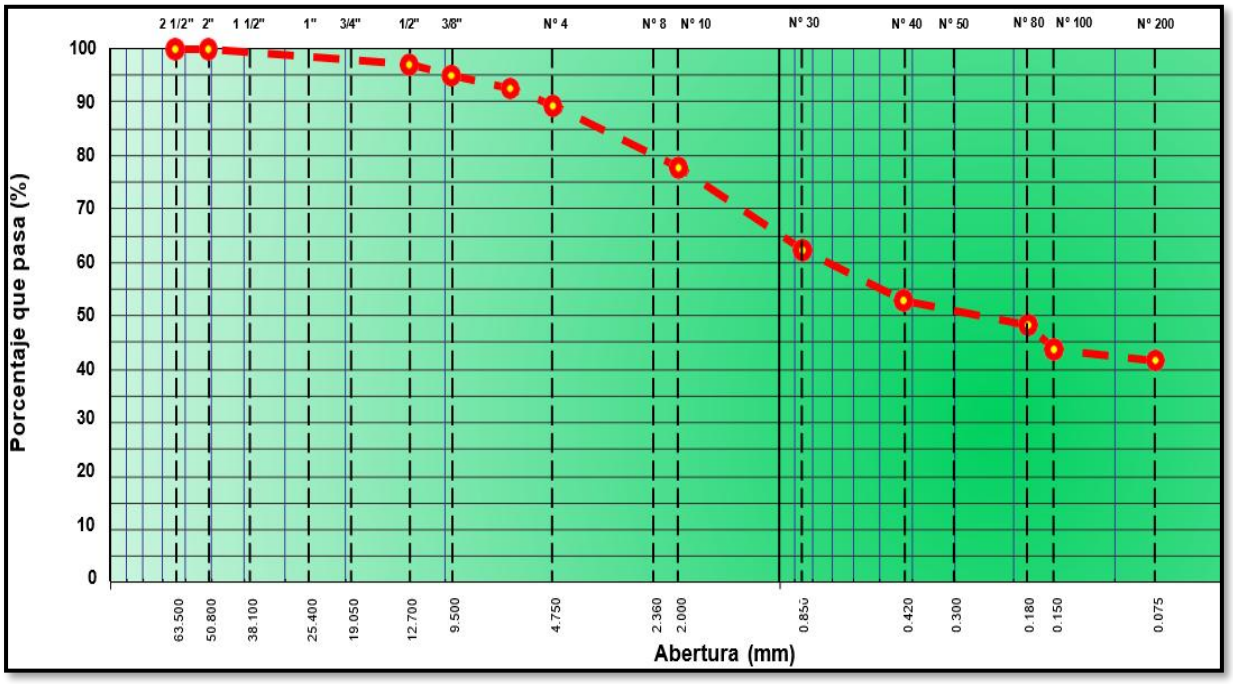
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. (g)	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76.200				**100.0**
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	**100.0**
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	**100.0**
1 1/2"	38.100	0.0		0.0	
1"	25.400	0.0		0.0	
3/4"	19.050	0.0		0.0	
5/8"	16.000	0.0		0.0	
0.53"	13.200	0.0		0.0	
1/2"	12.700	67.5	3.1	3.1	**96.9**
3/8"	9.500	39.6	1.8	5.0	**95.0**
0.265"	6.700	0.0		5.0	
1/4"	6.350	59.6	2.8	7.7	**92.3**
# 4	4.750	61.5	2.9	10.6	**89.4**
# 8	2.360	0.0		10.6	
# 10	2.000	251.2	11.7	22.3	**77.7**
# 16	1.190	0.0		22.3	
# 20	0.850	336.2	15.6	37.9	**62.1**
# 30	0.600	0.0		37.9	
# 40	0.420	202.3	9.4	47.3	**52.7**
# 50	0.300	0.0		47.3	
# 80	0.180	96.6	4.5	51.8	**48.2**
# 100	0.150	98.5	4.6	56.4	**43.6**
# 200	0.075	50.2	2.3	58.7	**41.3**
< # 200	FONDO	2.1	0.1	58.8	**41.2**
FINO					
TOTAL					

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	=	**2,151.0**	g
			g
PESO FINO	=	1,037.1	g
LÍMITE LÍQUIDO	=	25	%
LÍMITE PLÁSTICO	=	14	%
ÍNDICE PLÁSTICO	=	11	%
% HUMEDAD	=	7.4	
CLASF. SUCS	=	**SC**	
CLASF. AASHTO	=	**A-4(1)**	
Cu	=		
Cc	=		
INDICE DE CONSISTENC	=	**1.62**	
		Solido	
POT. DE EXPANSIÓN	=	**Bajo**	
D10=	D30=	D60= 0.125	
NOMBRE DE GRUPO: **Arena limosa arcillosa con grava**			
% Grava	=	**10.6**	%
%Arena	=	**48.1**	%
% Fino	=	**41.3**	%

Nota. Elaboración propia.

Figura 35

Curva granulométrica muestra de suelo – calicata N°03



Nota. Elaboración propia.

Tabla 26

Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo – calicata N°03

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	**1**	**2**	**3**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**70.25**	**71.32**	**70.15**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**65.23**	**66.15**	**65.41**
PESO DE AGUA (g)	5.02	5.17	4.74
PESO DEL TARRO (g)	**46.52**	**45.50**	**46.05**
PESO DEL SUELO SECO (g)	18.71	20.65	19.36
% DE HUMEDAD	**26.83**	**25.04**	**24.48**
Nº DE GOLPES	**15**	**25**	**33**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 27

Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo – calicata N°03

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	**4**	**5**	**6**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**58.52**	**57.65**	**58.12**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**56.80**	**56.10**	**57.66**
PESO DE AGUA (g)	1.72	1.55	0.46
PESO DEL TARRO (g)	**44.65**	**45.12**	**43.98**
PESO DEL SUELO SECO (g)	12.15	10.98	3.21
% DE HUMEDAD	**14.16**	**14.12**	**14.33**

Nota. Elaboración propia.

Figura 36

Diagrama de fluidez muestra de suelo – calicata N°03



Nota. Elaboración propia.

Tabla 28

Resumen de resultados de laboratorio para el suelo en estado natural de las 03 calicatas

CARACTERÍSTICAS	CALICATA PATRÓN C-01	CALICATA PATRÓN C-02	CALICATA PATRÓN C-03
Clasificación SUCS	CL	GC	SC
Clasificación AASHTO	A-6 (5)	A-2-6 (0)	A-4 (1)
Humedad natural (%)	12.13	99.99	7.38
Limite liquido (%)	31.42	26.45	25.10
Limite plástico (%)	18.09	15.25	14.20
Índice de plasticidad	13.33	11.20	10.90
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.71	_	_
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	16.00	_	_
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	2.00	_	_
California Bearing Ratio (CBR) – al 100%	3.80	_	_

Nota. Elaboración propia

Con los resultados obtenidos se observa que la muestra de suelo de la calicata N°01 presenta mayor índice de plasticidad, por ende, esta muestra será utilizada para poder realizar la estabilización del suelo utilizando las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera para posteriormente realizar los ensayos de laboratorio correspondientes.

Ensayos de laboratorio en el suelo estabilizado

Para poder realizar la estabilización de suelo con las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera se ha visto por conveniente trabajar con la muestra de suelo que presenta mayor cantidad de arcilla (calicata N°01 – muestra patrón); dicha estabilización se realizó con una dosificación de 5%, 10% y 15% de la mezcla de ambos estabilizantes. Los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados a la muestra de la calicata N°01 con los estabilizantes se muestran a continuación.

Tabla 29

Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	**1**	**2**	**3**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**68.45**	**65.60**	**68.45**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**60.70**	**58.84**	**60.87**
PESO DE AGUA (g)	7.75	6.76	7.58
PESO DEL TARRO (g)	**35.20**	**36.05**	**34.50**
PESO DEL SUELO SECO (g)	25.50	22.79	26.37
% DE HUMEDAD	**30.39**	**29.66**	**28.74**
Nº DE GOLPES	**16**	**23**	**34**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30

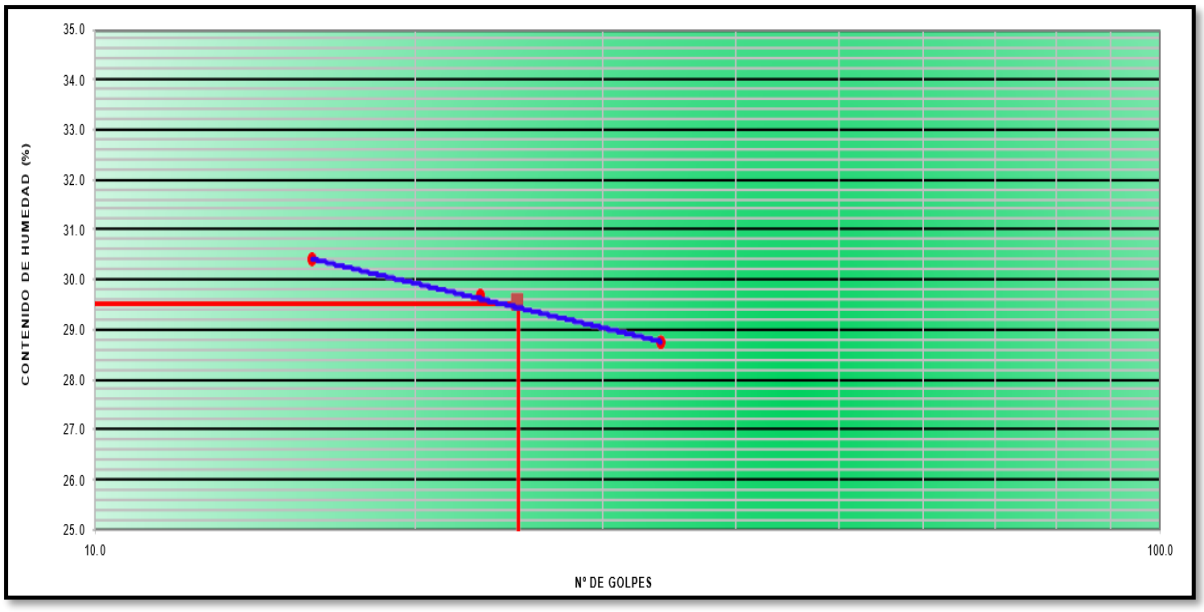
Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	**4**	**5**	**6**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**58.55**	**59.45**	**48.5**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**56.65**	**57.63**	**47.95**
PESO DE AGUA (g)	1.90	1.82	0.55
PESO DEL TARRO (g)	**45.66**	**47.05**	**46.61**
PESO DEL SUELO SECO (g)	10.99	10.58	3.21
% DE HUMEDAD	**17.29**	**17.20**	**17.13**

Nota. Elaboración propia.

Figura 37

Diagrama de fluidez muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 31

Ensayo de compactación muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN			**:**	**A**	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA			**:**	**25**	
NUMERO DE CAPAS			**:**	**5**	
NÚMERO DE ENSAYO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	**5129**	**5182**	**5236**	**5260**	**5255**
PESO DE MOLDE (g)	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**
PESO SUELO HÚMEDO (g)	1731	1784	1838	1862	1857
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	**933**	**933**	**933**	**933**	**933**
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	**1.86**	**1.91**	**1.97**	**2.00**	**1.99**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 32

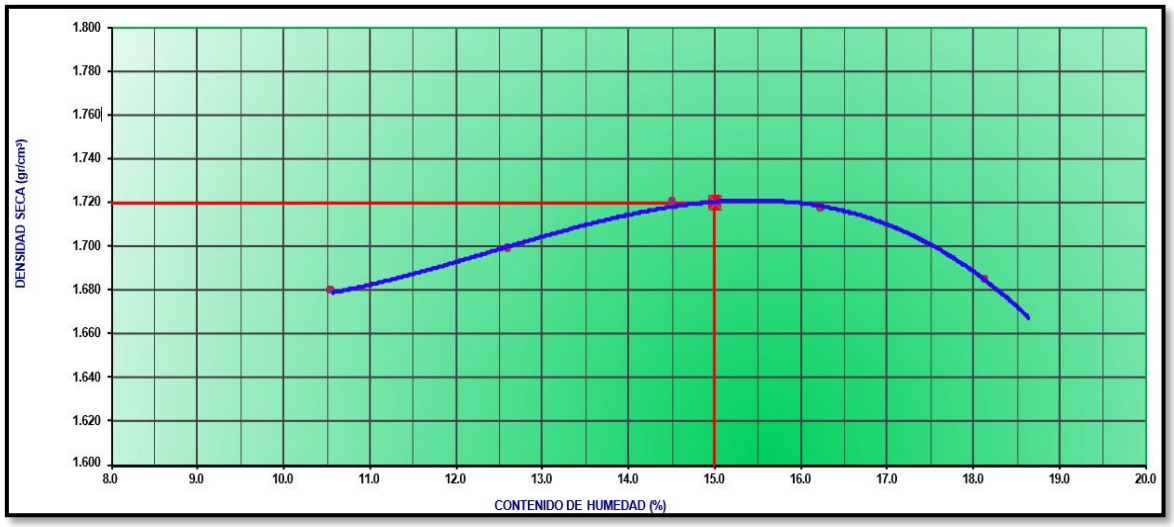
Contenido de humedad muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	**730.2**	**714.6**	**740.2**	**726.5**	**730.2**
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	**660.5**	**634.5**	**646.3**	**625.0**	**618.0**
PESO DE LA TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DE AGUA (g)	69.7	80.1	93.9	101.5	112.2
PESO DE SUELO SECO (g)	660.5	634.5	646.3	625.0	618.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.6	12.6	14.5	16.2	18.2
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.68**	**1.70**	**1.72**	**1.72**	**1.68**
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ^{3})	**1.720**	**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)**			**15.00**

Nota. Elaboración propia.

Figura 38

Curva de compactación muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 33

Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

Molde Nº	**1**		**2**		**3**	
Capas Nº	**5**		**5**		**5**	
Golpes por capa Nº	**56**		**25**		**12**	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	**12740**	**12888**	**12300**	**12433**	**12089**	**12189**
Peso de molde (g)	**8230**	**8230**	**8128**	**8128**	**8135**	**8135**
Peso del suelo húmedo (g)	4510	4658	4172	4305	3954	4054
Volumen del molde (cm3)	**2270**	**2271**	**2245**	**2246**	**2260**	**2260**
Densidad húmeda (g/cm3)	1.987	2.051	1.858	1.917	1.750	1.794
Tara						
Peso suelo húmedo + tara (g)	**499.5**	**502.2**	**498.5**	**495.6**	**498.5**	**500.4**
Peso suelo seco + tara (g)	**433.2**	**417.8**	**435.3**	**418.9**	**432.8**	**427.5**
Peso de tara (g)		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	66.3	84.4	63.2	76.7	65.7	72.9
Peso de suelo seco (g)	433.2	417.8	435.3	418.9	432.8	427.5
Contenido de humedad (%)	15.30	20.2	14.5	18.3	15.2	17.1
Densidad seca (g/cm3)	**1.723**	**1.707**	**1.623**	**1.620**	**1.519**	**1.532**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 34

Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
5/04/2024	13:10	0	0.00	0.000		0.00	0.000		0.00	0.000	
6/04/2024	13:10	24	6.00	0.152	1.3%	6.00	0.152	1.3%	10.00	0.244	2.1%
7/04/2024	13:10	48	9.00	0.229	2.0%	9.00	0.229	2.0%	13.00	0.317	2.7%
8/04/2024	13:10	72	11.00	0.279	2.4%	13.00	0.330	2.8%	14.00	0.342	2.9%
9/04/2024	13:10	96	13.00	0.330	2.8%	14.00	0.356	3.1%	18.00	0.439	3.8%

Nota. Elaboración propia.

Tabla 35

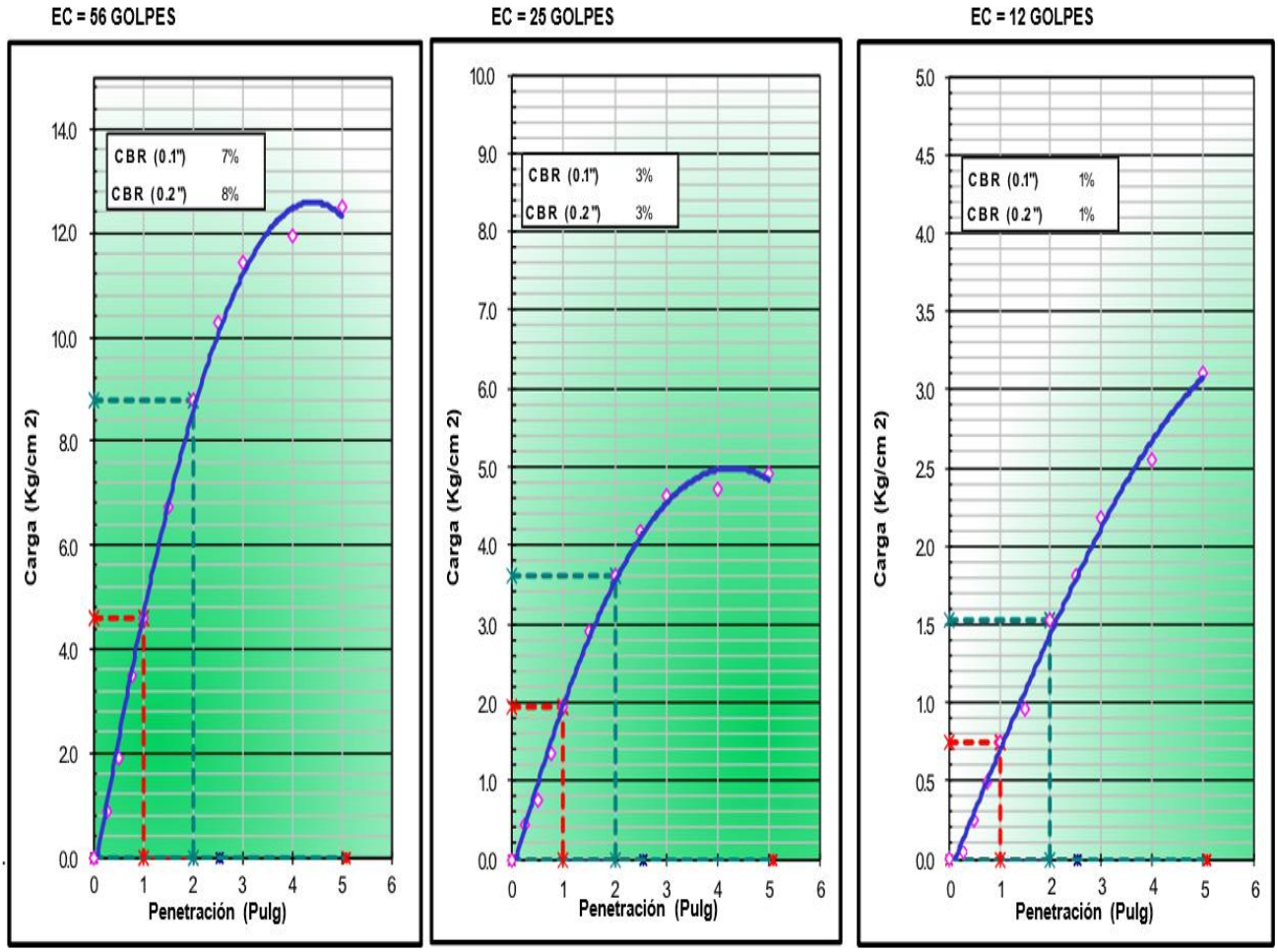
Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N.º				MOLDE N.º				MOLDE N.º			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulg.	**kg/cm²**	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.250		18.0	0.9			9.3	0.4			1.5	0.0		
0.500		38.1	1.9			15.4	0.8			5.5	0.2		
0.750		68.5	3.5			26.8	1.3			10.2	0.5		
1.000	70.455	90.2	4.6	4.6	7	38.6	1.9	1.9	3	15.1	0.7	0.7	1
1.500		132.4	6.7			57.4	2.9			19.4	1.0		
2.000	105.682	171.8	8.8	8.8	8	71.4	3.6	3.6	3	30.5	1.5	1.5	1
2.500		201.4	10.3			82.1	4.2			35.9	1.8		
3.000		223.8	11.4			91.1	4.6			43.3	2.2		
4.000		233.5	11.9			92.9	4.7			50.5	2.6		
5.000		245.0	12.5			96.7	4.9			61.4	3.1		

Nota. Elaboración propia.

Figura 39

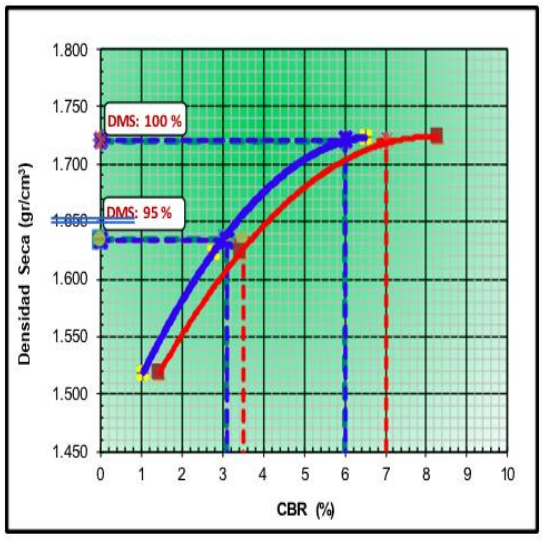
Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Figura 40

Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 5% de ambas enzimas orgánicas.



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.720
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	15.00
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.634

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	6.0	Coef (Mpa) K sr:	43.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	3.1	Coef (Mpa) K sr:	28.3
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.2":	7.0	Coef (Mpa) K sr:	46.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.2":	3.5	Coef (Mpa) K sr:	31.1

RESULTADOS: ***CBR a 1 pulgada (2.54 cm)***

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	6.0	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	3.1	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	2.84%	

CBR a 2 pulgada (5.08 cm)

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	7.0	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	3.5	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	2.84%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 36

Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	**1**	**2**	**3**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**70.12**	**70.32**	**71.12**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**62.49**	**62.86**	**63.88**
PESO DE AGUA (g)	7.63	7.46	7.24
PESO DEL TARRO (g)	**36.45**	**35.89**	**36.12**
PESO DEL SUELO SECO (g)	26.04	26.97	27.76
% DE HUMEDAD	**29.30**	**27.66**	**26.08**
Nº DE GOLPES	**17**	**24**	**35**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 37

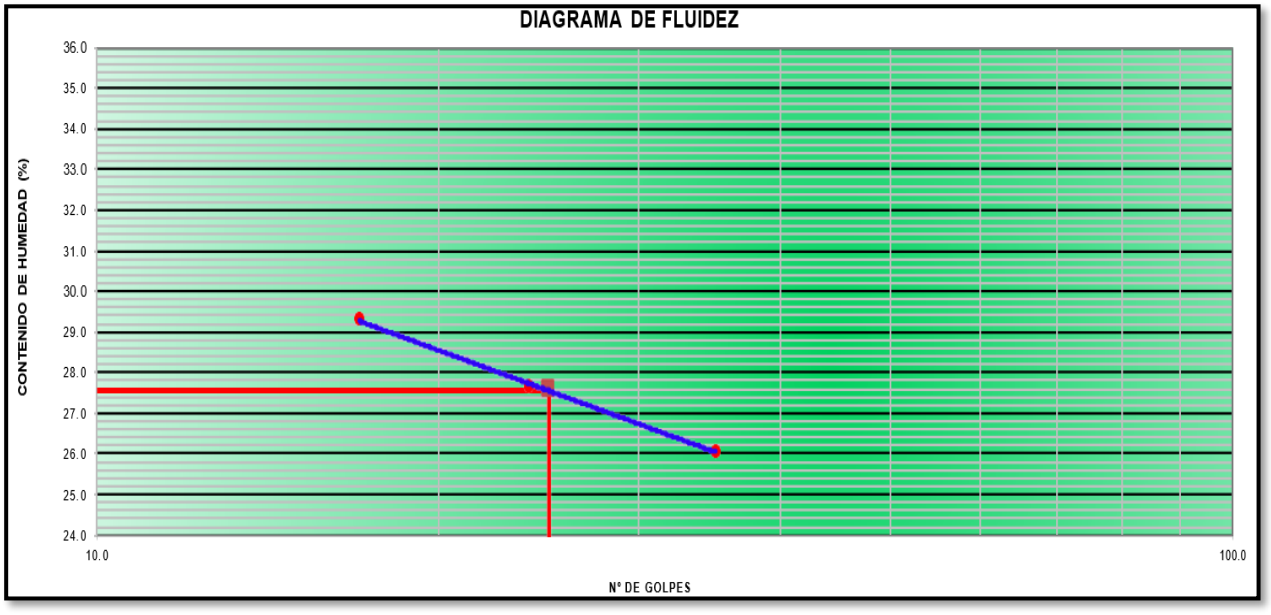
Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	**4**	**5**	**6**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**60.12**	**59.90**	**60.12**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**58.18**	**58.12**	**59.605**
PESO DE AGUA (g)	1.94	1.78	0.515
PESO DEL TARRO (g)	**46.12**	**47.00**	**47.02**
PESO DEL SUELO SECO (g)	12.06	11.12	3.21
% DE HUMEDAD	**16.09**	**16.01**	**16.04**

Nota. Elaboración propia.

Figura 41

Diagrama de fluidez muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas



Nota. Elaboración propia.

Tabla 38

Ensayo de compactación muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN			**:**	**A**	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA			**:**	**25**	
NUMERO DE CAPAS			**:**	**5**	
NÚMERO DE ENSAYO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	**5133**	**5199**	**5247**	**5266**	**5260**
PESO DE MOLDE (g)	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**
PESO SUELO HÚMEDO (g)	1735	1801	1849	1868	1862
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	**933**	**933**	**933**	**933**	**933**
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	**1.86**	**1.93**	**1.98**	**2.00**	**2.00**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 39

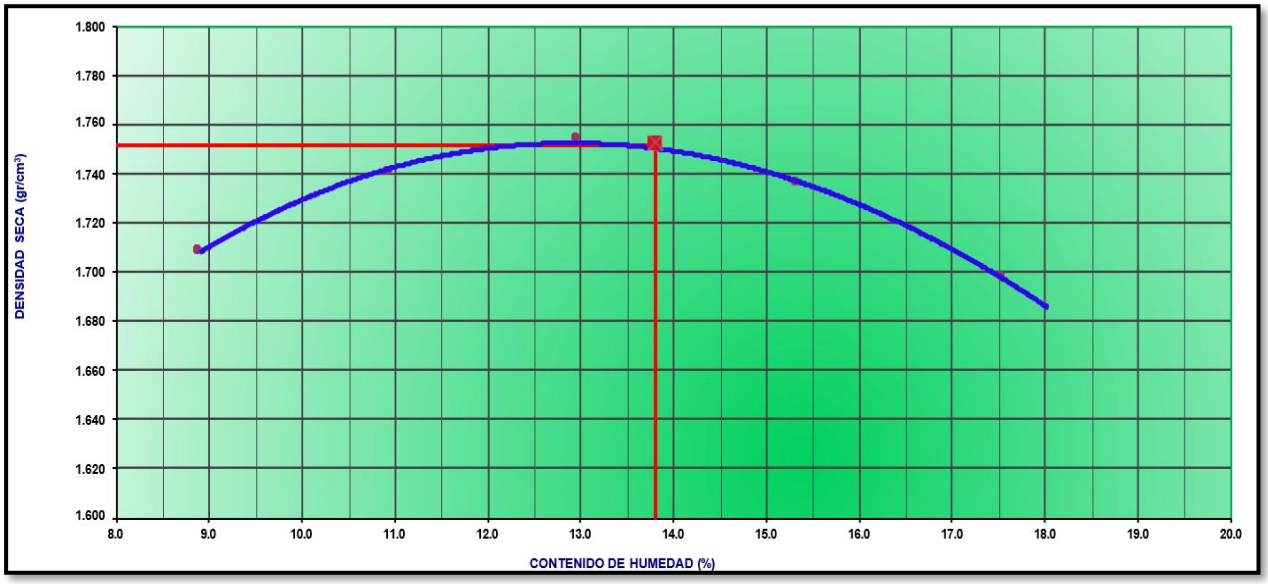
Contenido de humedad muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	**705.2**	**702.1**	**723.1**	**705.2**	**732.1**
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	**647.6**	**632.9**	**640.2**	**611.5**	**622.9**
PESO DE LA TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DE AGUA (g)	57.6	69.2	82.9	93.7	109.2
PESO DE SUELO SECO (g)	647.6	632.9	640.2	611.5	622.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.9	10.9	13.0	15.3	17.5
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.71**	**1.74**	**1.75**	**1.74**	**1.70**
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.752**	**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)**			**13.80**

Nota. Elaboración propia.

Figura 42

Curva de compactación muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 40

Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

Molde Nº	**1**		**2**		**3**	
Capas Nº	**5**		**5**		**5**	
Golpes por capa Nº	**56**		**25**		**12**	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	**12699**	**12755**	**12279**	**12360**	**12066**	**12200**
Peso de molde (g)	**8277**	**8277**	**8270**	**8270**	**8269**	**8269**

Peso del suelo húmedo (g)	4422	4478	4009	4090	3797	3931
Volumen del molde (cm3)	**2221**	**2222**	**2130**	**2131**	**2124**	**2124**
Densidad húmeda (g/cm3)	1.991	2.016	1.882	1.920	1.788	1.851
Tara						
Peso suelo húmedo + tara (g)	**502.2**	**500.0**	**505.1**	**502.2**	**502.6**	**501.2**
Peso suelo seco + tara (g)	**441.2**	**438.5**	**444.2**	**434.3**	**440.9**	**430.0**
Peso de tara (g)		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	61.0	61.5	60.9	67.9	61.7	71.2
Peso de suelo seco (g)	441.2	438.5	444.2	434.3	440.9	430.0
Contenido de humedad (%)	13.83	14.0	13.7	15.6	14.0	16.6
Densidad seca (g/cm3)	**1.749**	**1.768**	**1.655**	**1.660**	**1.568**	**1.588**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 41

Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
5/04/2024	13:10	0	0.000	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000	
6/04/2024	13:10	24	6.000	0.152	1.3 %	6.000	0.152	1.3%	10.000	0.244	2.1 %
7/04/2024	13:10	48	9.000	0.229	2.0 %	9.000	0.229	2.0%	13.000	0.317	2.7 %
8/04/2024	13:10	72	11.000	0.279	2.4 %	13.000	0.330	2.8%	14.000	0.342	2.9 %
9/04/2024	13:10	96	13.000	0.330	2.8 %	14.000	0.356	3.1%	18.000	0.439	3.8 %

Nota. Elaboración propia.

Tabla 42

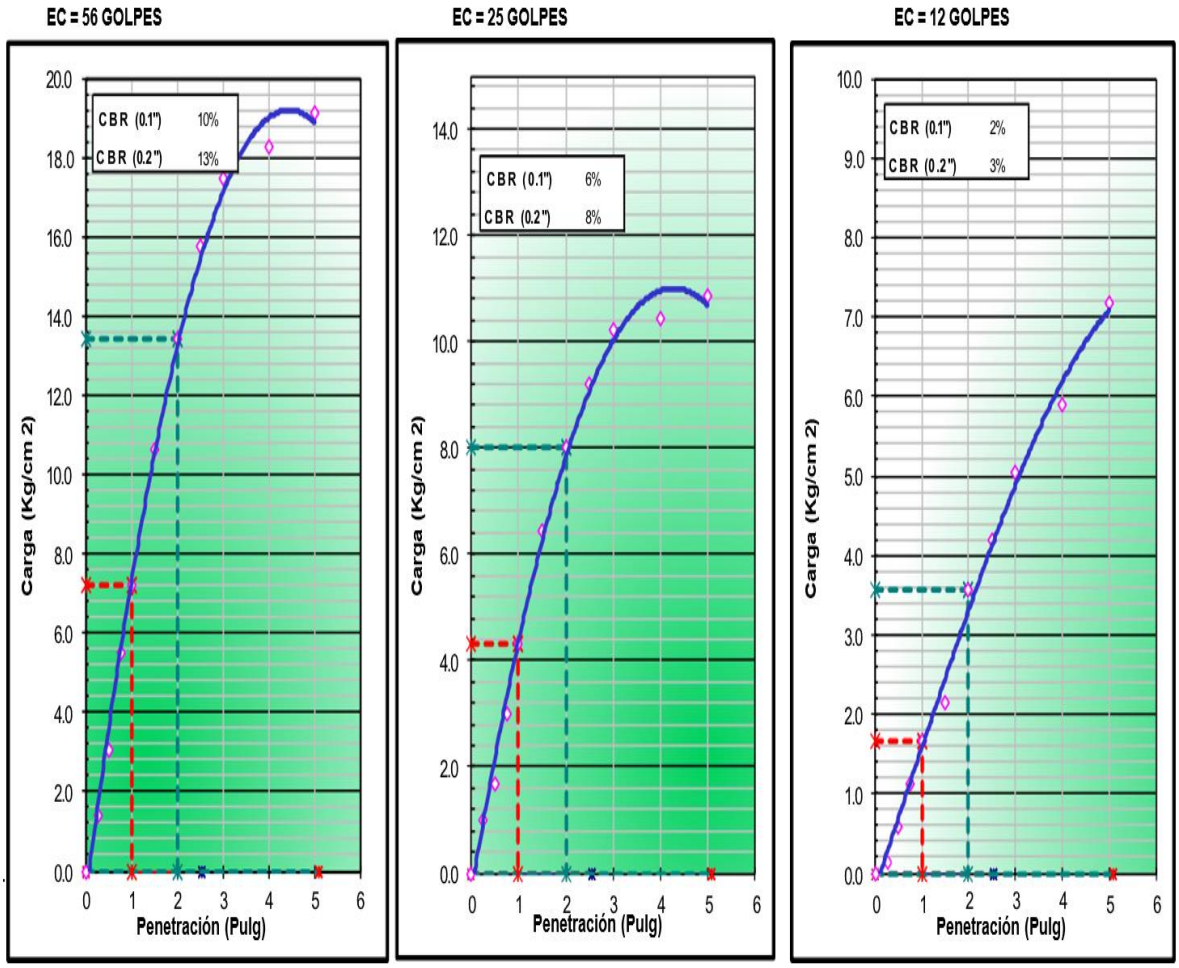
Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N.º				MOLDE N.º				MOLDE N.º			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulg.	kg/cm²	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.250		28.3	1.4			20.4	1.0			3.2	0.1		
0.500		59.9	3.0			33.8	1.7			12.0	0.6		
0.750		107.7	5.5			59.0	3.0			22.4	1.1		
1.000	70.455	141.7	7.2	7.2	10	85.0	4.3	4.3	6	33.2	1.7	1.7	2
1.500		208.0	10.6			126.2	6.4			42.6	2.1		
2.000	105.682	262.5	13.4	13.4	13	157.0	8.0	8.0	8	70.0	3.6	3.6	3
2.500		307.6	15.7			180.6	9.2			82.3	4.2		
3.000		341.9	17.5			200.4	10.2			99.2	5.0		
4.000		356.8	18.2			204.4	10.4			115.8	5.9		
5.000		374.3	19.1			212.8	10.9			140.6	7.2		

Nota. Elaboración propia.

Figura 43

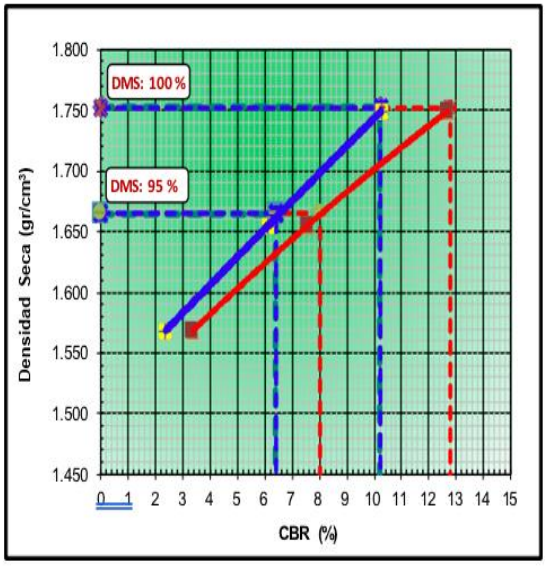
Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Figura 44

Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 10% de ambas enzimas orgánicas.



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.752
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	13.80
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.664

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	10.2	Coef (Mpa) K sr:	55.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	6.4	Coef (Mpa) K sr:	44.9
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.2":	12.8	Coef (Mpa) K sr:	60.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.2":	8.0	Coef (Mpa) K sr:	50.0

RESULTADOS: *CBR a 1 pulgada (2.54 cm)*

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	10.2	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	6.4	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	2.84%	

CBR a 2 pulgada (5.08 cm)

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	12.8	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	8.0	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	2.84%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 43

Datos para el cálculo del límite liquido muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº TARRO	**1**	**2**	**3**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**70.25**	**70.05**	**71.02**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**62.90**	**62.82**	**63.92**
PESO DE AGUA (g)	7.35	7.23	7.10
PESO DEL TARRO (g)	**37.45**	**36.45**	**37.02**
PESO DEL SUELO SECO (g)	25.45	26.37	26.90
% DE HUMEDAD	**28.88**	**27.42**	**26.39**
Nº DE GOLPES	**15**	**23**	**35**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 44

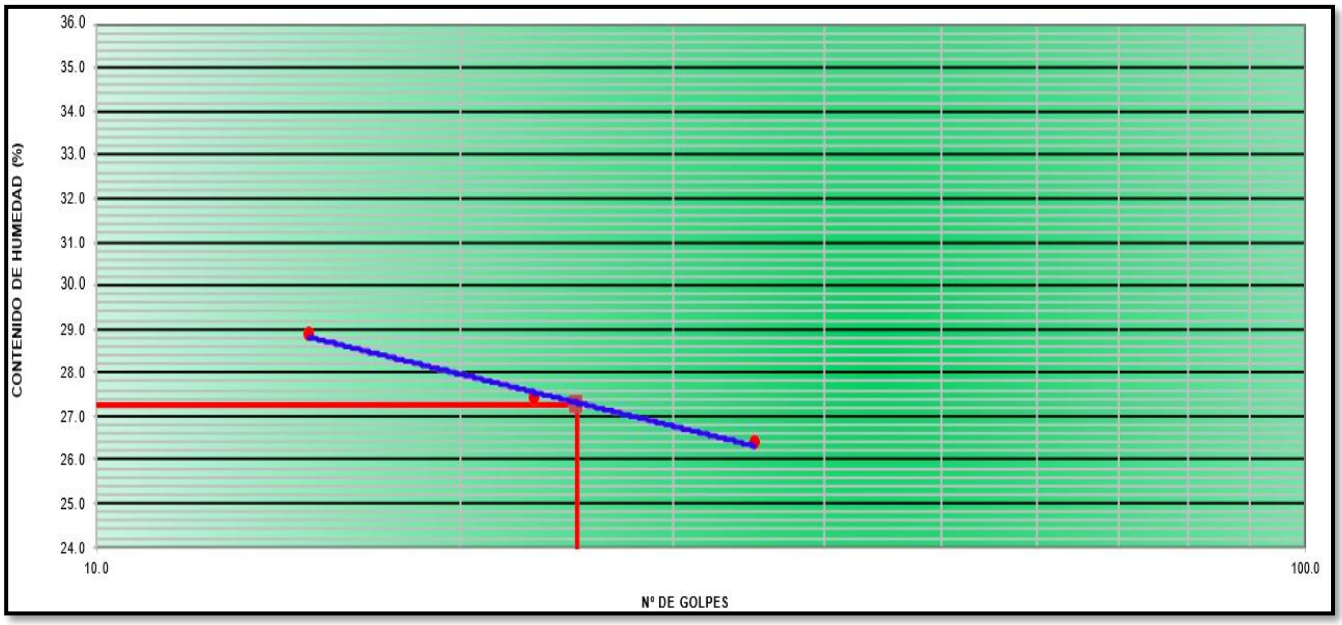
Datos para el cálculo del límite plástico muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº TARRO	**4**	**5**	**6**
PESO (TARRO + SUELO HÚMEDO) (g)	**61.12**	**60.20**	**61.12**
PESO (TARRO + SUELO SECO) (g)	**58.91**	**58.22**	**60.6**
PESO DE AGUA (g)	2.21	1.98	0.52
PESO DEL TARRO (g)	**45.12**	**46.20**	**46.65**
PESO DEL SUELO SECO (g)	13.79	12.02	3.21
% DE HUMEDAD	**16.03**	**16.47**	**16.20**

Nota. Elaboración propia.

Figura 45

Diagrama de fluidez muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas



Nota. Elaboración propia.

Tabla 45

Ensayo de compactación muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas

COMPACTACIÓN					
MÉTODO DE COMPACTACIÓN			**: A**		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA			**: 25**		
NUMERO DE CAPAS			**: 5**		
NÚMERO DE ENSAYO	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO + MOLDE) (g)	**5125**	**5179**	**5243**	**5260**	**5247**
PESO DE MOLDE (g)	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**	**3398**
PESO SUELO HÚMEDO (g)	1727	1781	1845	1862	1849
VOLUMEN DEL MOLDE (cm^3)	**933**	**933**	**933**	**933**	**933**
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3)	**1.85**	**1.91**	**1.98**	**2.00**	**1.98**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 46

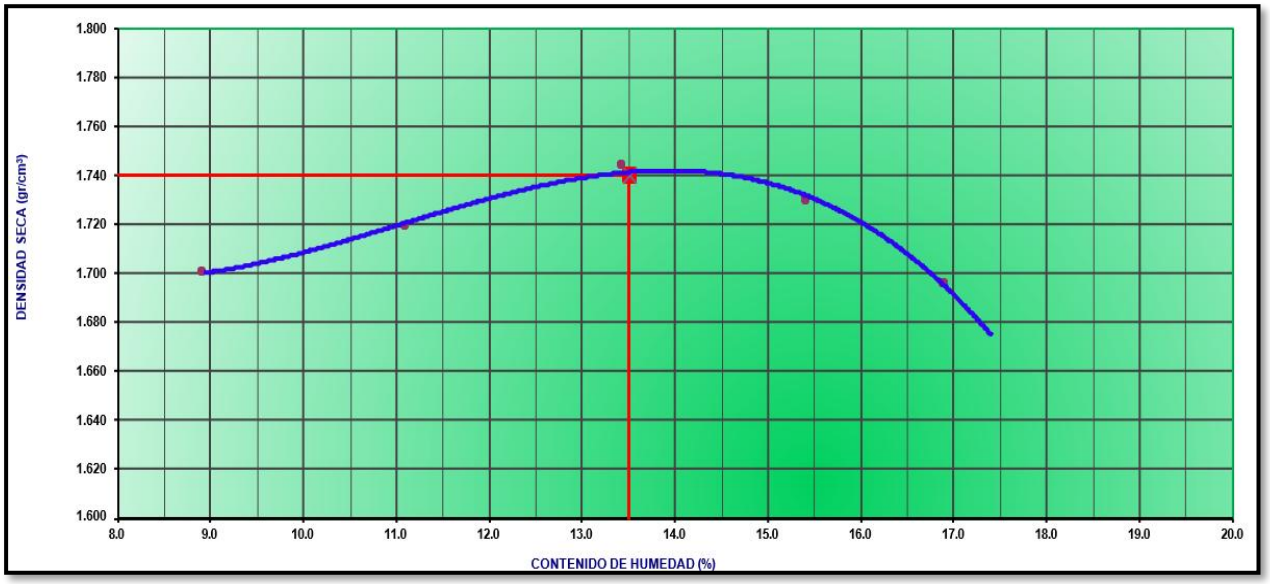
Contenido de humedad muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (g)	**695.5**	**700.2**	**698.5**	**701.2**	**705.2**
PESO (SUELO SECO + TARA) (g)	**638.5**	**630.2**	**615.8**	**607.5**	**603.2**
PESO DE LA TARA (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PESO DE AGUA (g)	57.0	70.0	82.7	93.7	102.0
PESO DE SUELO SECO (g)	638.5	630.2	615.8	607.5	603.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.9	11.1	13.4	15.4	16.9
DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.70**	**1.72**	**1.74**	**1.73**	**1.70**
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm^3)	**1.740**	**ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)**			**13.50**

Nota. Elaboración propia.

Figura 46

Curva de compactación muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 47

Resultados del ensayo de compactación (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.

Molde Nº	**1**		**2**		**3**	
Capas Nº	**5**		**5**		**5**	
Golpes por capa Nº	**56**		**25**		**12**	
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	**12488**	**12760**	**12285**	**12303**	**11989**	**12200**
Peso de molde (g)	**8280**	**8280**	**8285**	**8285**	**8275**	**8275**
Peso del suelo húmedo (g)	4208	4480	4000	4018	3714	3925

Volumen del molde (cm3)	**2129**	**2129**	**2133**	**2134**	**2129**	**2129**
Densidad húmeda (g/cm3)	1.977	2.104	1.875	1.883	1.744	1.844
Tara						
Peso suelo húmedo + tara (g)	**510.5**	**501.5**	**506.6**	**502.6**	**502.4**	**504.5**
Peso suelo seco + tara (g)	**450.0**	**436.5**	**445.7**	**434.5**	**441.6**	**432.5**
Peso de tara (g)		0.0		0.0		0.0
Peso de agua (g)	60.5	65.0	60.9	68.1	60.8	72.0
Peso de suelo seco (g)	450.0	436.5	445.7	434.5	441.6	432.5
Contenido de humedad (%)	13.44	14.9	13.7	15.7	13.8	16.6
Densidad seca (g/cm3)	**1.742**	**1.831**	**1.650**	**1.628**	**1.533**	**1.580**

Nota. Elaboración propia.

Tabla 48

Datos de la expansión (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.

FECHA	**HORA**	**TIEMPO**	**DIAL**	**EXPANSION**		**DIAL**	**EXPANSION**		**DIAL**	**EXPANSION**	
				mm	**%**		**mm**	**%**		**mm**	**%**
5/04/2024	13:10	0	0.00	0.000		0.00	0.000		0.00	0.000	
6/04/2024	13:10	24	6.00	0.152	1.3%	6.00	0.152	1.3%	11.00	0.268	2.3%
7/04/2024	13:10	48	8.00	0.203	1.7%	10.00	0.254	2.2%	13.00	0.317	2.7%
8/04/2024	13:10	72	10.00	0.254	2.2%	12.00	0.305	2.6%	15.00	0.366	3.1%
9/04/2024	13:10	96	12.00	0.305	2.6%	12.00	0.305	2.6%	17.00	0.415	3.6%

Nota. Elaboración propia.

Tabla 49

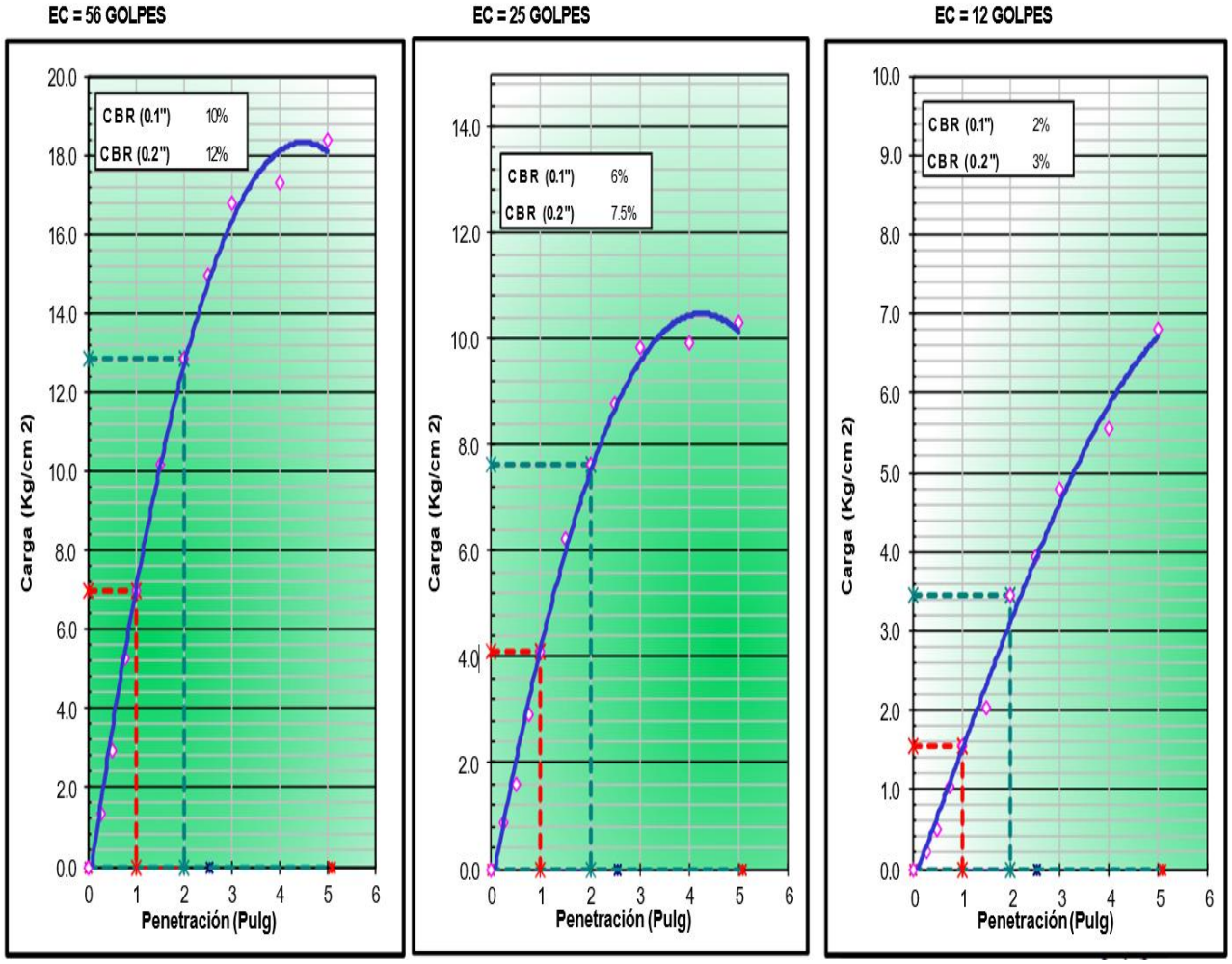
Datos de la resistencia a la penetración (CBR) muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N.º				MOLDE N.º				MOLDE N.º			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Pulg.	**kg/cm²**	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)	kg/cm²	kg/cm²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.250		27.2	1.4			17.8	0.9			4.9	0.2		
0.500		57.7	2.9			32.1	1.6			10.5	0.5		
0.750		103.4	5.3			57.2	2.9			21.1	1.0		
1.000	70.455	136.4	7.0	7.0	10	80.8	4.1	4.1	6	30.9	1.6	1.6	2
1.500		199.7	10.2			122.2	6.2			40.0	2.0		
2.000	105.682	252.0	12.9	12.9	12	149.2	7.6	7.6	7	67.9	3.4	3.4	3
2.500		293.0	15.0			171.6	8.8			77.4	3.9		
3.000		328.3	16.8			193.0	9.9			94.2	4.8		
4.000		338.1	17.3			194.2	9.9			108.9	5.5		
5.000		359.3	18.4			202.2	10.3			133.6	6.8		

Nota. Elaboración propia.

Figura 47

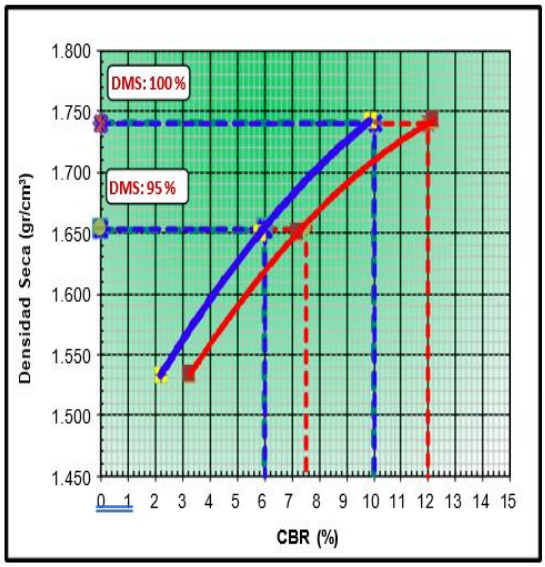
Resultados del ensayo CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.



Nota. Elaboración propia.

Figura 48

Gráfico de penetración CBR para la muestra de suelo patrón adicionando 15% de ambas enzimas orgánicas.



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.740
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	13.50
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	:	1.653

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	10.0	Coef (Mpa) K sr:	55.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	6.0	Coef (Mpa) K sr:	43.4
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.2":	12.0	Coef (Mpa) K sr:	58.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.2":	7.5	Coef (Mpa) K sr:	48.5

RESULTADOS: **CBR a 1 pulgada (2.54 cm)**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	10.0	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	6.0	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	2.62%	

CBR a 2 pulgada (5.08 cm)

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	12.0	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	7.5	(%)
Valor Expansión a 56 Golpes por capa:	=	2.62%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 50

Resumen resultados de laboratorio para el suelo estabilizado muestra patrón.

ENSAYO	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
Expresado en porcentajes (%)	Calicata N°01	5 % Enzimas orgánicas	10 % Enzimas orgánicas	15 % Enzimas orgánicas
Limite liquido (%)	31.42	29.50	27.60	27.25
Limite plástico (%)	18.09	17.21	16.05	16.23
Índice de plasticidad	13.33	12.29	11.55	11.02
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.71	1.72	1.752	1.74
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	16.00	15.00	13.80	13.50
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	2.00	3.10	6.40	6.00
California Bearing Ratio (CBR) – al 100%	3.80	6.00	10.20	10.00

Nota. Elaboración propia

Discusión

Con los resultados de laboratorio obtenidos para la presente tesis iniciaremos a compararlos con los antecedentes citados en la presente investigación para generar la discusión de resultados, posteriormente comparamos y contrastamos los datos obtenidos y verificaremos si difieren o no difieren.

a) Los parámetros correspondientes a los límites de Atterberg para la muestra de suelo de la calicata N°01 son los siguientes: límite líquido = 31.42%, límite plástico = 18.09% y un índice de plasticidad de 13.33%. Al adicionar las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera para la muestra de suelo de la calicata N°01 (suelo patrón) en un 5% de la mezcla de ambos los parámetros correspondientes a los límites de Atterberg obtenidos fueron: límite líquido = 29.50%, límite plástico = 17.21% y un índice de plasticidad de 12.29%; con esta adición se evidencia un decremento de la plasticidad del suelo.

   Por otra parte, al accionar un 10% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, los parámetros obtenidos con respecto a los límites de Atterberg fueron: límite líquido = 27.60%, límite plástico = 16.05% y un índice de plasticidad de 11.55%.

   Finalmente, al accionar un 15% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, los parámetros obtenidos con respecto a los límites de Atterberg fueron: límite líquido = 27.25%, límite plástico = 16.23% y un índice de plasticidad de 11.02%.

   Según Buitrón y Enríquez (2028), indican que, utilizando una dosificación de 20% de cenizas del volcán Tungurahua, se obtuvo una disminución de 14, 19 y 23% entre el estado plástico y semilíquido, así como 41, 42 y 59 % para su

índice de plasticidad y finalmente para el límite plástico el porcentaje de incremento fue de 23, 19 y 39%.

La comparación entre ambos resultados demuestra que no existe similitud, esto debido que el porcentaje de dosificación en ambos es diferente, además los insumos utilizados para la estabilización del suelo arcilloso son totalmente diferentes, teniendo composiciones distintas, debido a esto la mejora en las propiedades físicas y mecánicas en ambos casos es diverso.

b) Con respecto al ensayo de Proctor modificado realizado a la muestra de suelo de la calicata N°01(suelo patrón), se obtuvieron los siguientes parámetros: densidad máxima seca = 1.71 gr/cm3 y un contenido óptimo de agua de 16%. Al adicionar la mezcla de las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera a dicha muestra en un 5% el valor de los parámetros obtenidos fue: densidad máxima seca = 1.72 gr/cm3 y un contenido óptimo de agua de 15%.

Por otra parte, al accionar un 10% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, los parámetros obtenidos con respecto al ensayo de Proctor modificado fueron: densidad máxima seca = 1.752 gr/cm3 y un contenido óptimo de agua de 13.80%.

Finalmente, al accionar un 15% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, los parámetros obtenidos con respecto al ensayo de Proctor modificado fueron: densidad máxima seca = 1.74 gr/cm3 y un contenido óptimo de agua de 13.50%.

Según Chávez (2019), indica que, al utilizar el cloruro de magnesio en proporciones de 5%, 10%, 15% y 20% se obtuvieron las densidades máximas (gr/cm³) de: 1.94, 2.02, 2.11 y 2.2 respectivamente y los contenidos de humedad optima fueron: 9.19% 8.29% 9.45% 8.63%; por otra parte, al utilizar el cloruro de magnesio en un 5%, 10% ,15% y 20% la mayor máxima densidad seca fue de 2.157 gr/cm3 y la mayor humedad optima de 8.50%.

La comparación entre ambos resultados demuestra que no existe similitud, esto debido que el porcentaje de dosificación coincide en los 03 primero parámetros, pero para la presente investigación no se esta consideración la dosificación de 20%, además los insumos utilizados para la estabilización del suelo arcilloso son totalmente diferentes, teniendo composiciones distintas, debido a esto la mejora en las propiedades físicas y mecánicas en ambos casos es diverso.

c) En lo que respecta al ensayo de CBR para la muestra de suelo de la calicata N°01(suelo patrón), al utilizar una energía de compactación de 95% se obtuvo un índice de CBR igual a 2.00 y con una energía de compactación de 100% un índice de CBR igual a 3.80. Al adicionar la mezcla de las enzimas orgánicas de la caña de azúcar y aloe vera a dicha muestra en un 5% el valor del índice de CBR al utilizar una energía de compactación de 95% y al 100% fueron de 3.10 y 6.00.

   Por otra parte, al accionar un 10% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, el valor del índice de CBR al utilizar una energía de compactación de 95% y 100% fueron de 6.40 y 10.20.

   Finalmente, al accionar un 15% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, el valor del índice de CBR al utilizar una energía de compactación de 95% y 100% fueron de 6.00 y 10.00.

   Según Briones (2018), indica que, al utilizar el cloruro de magnesio en un 5% en el ensayo de CBR la capacidad portante del suelo arcilloso aumenta con un

40.41%, mientras que al usar un 2% de cloruro de cálcico se eleva la capacidad portante con un 57.04%.

La comparación entre ambos resultados demuestra que no existe similitud, esto debido que el porcentaje de dosificación en ambos es diferente, además los insumos utilizados para la estabilización del suelo arcilloso son totalmente diferentes, teniendo composiciones distintas, debido a esto la mejora en las propiedades físicas y mecánicas en ambos casos es diverso.

VI. Conclusiones

A continuación, se muestran las conclusiones a las cuales se lograron llegar gracias a la presente investigación.

1. **Del objetivo general**: Al determinar los resultados obtenidos y realizando la comparación entre ellos se tiene que para los ensayos de límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR al utilizar una dosificación de 5%, 10% y 15% de los agentes estabilizantes utilizados en la muestra de suelo más arcilloso (calicata N°01), se llegó a la conclusión que la dosificación óptima para utilizar dichas enzimas en la estabilización de suelos arcillosos, viene a ser utilizando una dosificación del 10% debido a que en este porcentaje se obtienen mejores resultados con respecto a las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio.
2. **Del primer objetivo específico:** Al analizar los parámetros de los límites de Atterberg al adicionar una dosificación del 5% de la mezcla de las enzimas orgánicas de la caña azúcar y aloe vera para la muestra de suelo de la calicata N°01 (suelo patrón), el índice de plasticidad se reduce de 13.33% a un 12.29%. Por otra parte, al accionar un 10% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, el índice de plasticidad se reduce a un 11.55%. Finalmente, al accionar un 15% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas se obtiene un índice de plasticidad de 11.02%. En conclusión, las 03 dosificaciones se evidencia una mejora en los parámetros correspondientes al ensayo de límites de Atterberg, pero al utilizar una dosificación del 10% se obtienen mejores resultados con respecto a los parámetros obtenidos en las otras 2 dosificaciones.
3. **Del segundo objetivo específico:** Al analizar los resultados obtenidos con respecto a los parámetros de la compactación Proctor modificado, al adicionar una dosificación del 5% de la mezcla de las enzimas orgánicas de la caña azúcar y aloe vera para la muestra de suelo de la calicata N°01 (suelo patrón), se incrementó el valor de la máxima densidad seca de un 1.71 gr/cm3 a un 1.72 gr/cm3, en el caso del optimo

contenido de humedad se obtuvo una reducción de 16 a 15%. De la misma forma, al accionar un 10% de la mezcla de ambas enzimas la densidad máxima seca se incrementa a un 1.752 gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad de se reduce a 13.80%. Por último, al accionar un 15% de la mezcla de ambas enzimas la densidad máxima seca obtenida es de 1.74 gr/cm3 y el óptimo contenido de humedad fue de 13.50%. En conclusión, las 03 dosificaciones se evidencia una mejora en los parámetros correspondientes al ensayo de Proctor Modificado, pero al utilizar una dosificación del 10% se obtienen mejores resultados con respecto a los parámetros obtenidos en las otras 2 dosificaciones.

4. **Del tercer objetivo específico:** Al analizar los parámetros del ensayo del CBR al adicionar una dosificación del 5% de la mezcla de las enzimas orgánicas de la caña azúcar y aloe vera para la muestra de suelo de la calicata N°01 (suelo patrón) se obtuvo un incremento del índice de CBR (utilizando una energía de compactación al 100%) de 3.80 a 6.00. Por otra parte, al accionar un 10% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, el valor del índice de CBR se incrementa de 3.80 a 10.20. Finalmente, al accionar un 15% de la mezcla de ambas enzimas orgánicas, el valor del índice de CBR se incrementa de 3.80 a 10.00. En conclusión, las 03 dosificaciones se evidencia una mejora en los parámetros correspondientes al ensayo de CBR, pero al utilizar una dosificación del 10% se obtienen mejores resultados con respecto a los parámetros obtenidos en las otras 2 dosificaciones.

VII. Recomendaciones

1. Se recomienda utilizar una dosificación del 10% de ambas enzimas orgánicas para estabilización en suelo arcilloso para pavimento, debido a que en este porcentaje se logra mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio.
2. Se recomienda utilizar la mezcla de las enzimas de la caña de azúcar y aloe vera como agentes estabilizantes en una dosificación de 10% debido a que en esta proporción se reduce el índice de plasticidad del suelo arcilloso de un 13.33% a un 11.55%.
3. Se recomienda utilizar la mezcla de las enzimas de la caña de azúcar y aloe vera como agentes estabilizantes en una dosificación de 10% debido a que en esta proporción se reduce el óptimo contenido de humedad de un 16% a 13.80% y la densidad máxima seca se incrementa de 1.71 gr/cm3 a 1.752 gr/cm3.
4. Se recomienda utilizar la mezcla de las enzimas de la caña de azúcar y aloe vera como agentes estabilizantes en una dosificación de 10% debido a que en esta proporción se incrementa la capacidad portante del suelo arcilloso en estudio de 3.80 a 10.20, esto es utilizando una energía de compactación al 100%.
5. Se recomienda evaluar otros tipos de enzimas de orgánicas para ser usadas como agentes estabilizantes para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos, ya que estos estabilizadores son una alternativa rentable y sustentable.
6. Se recomienda usar para futuras investigaciones relacionadas al tema de investigación de la presente tesis dosificaciones mayores al 15%, debido a que los agentes estabilizantes utilizados en la presente investigación actúan de manera positiva mostrando mejoras en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos.

VIII. Referencias

Abanto, G, N. (2015). *La evaluación de la experiencia en cultivo de caña de azúcar, y su influencia en el nivel de calidad de caña. Agricultores independientes Laredo 2014.* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/1942/abantomauricio_genesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Angulo, M. y Zavaleta, C, N. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.* [tesis de título, Universidad Científica del Perú]. http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1220/ANGULO%20ROLDAN%20MARISELVA%20Y%20ZAVALETA20PAPA%20CINTIA%20NICOL%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bañon, L. y Beviá, J, F. (2000). *Manual de Carreteras. Volumen I: Elementos y proyecto.* http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1788/1/MC_Tomo_1.pdf

Behar, D, S. (2012). Metodología de la investigación. *Shalom,* 1 – 94. http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf

Borrás, A. (2008). *Estudio del comportamiento de los suelos expansivos a partir de los conceptos de la mecánica de suelos no saturados.* [tesis de diplomado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas]. https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3491/Borr%c3%a1s%20Hidalgo%2c%20Anisleidys.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bravo, B, E. y Lopez, H, A. (2021). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos empleando valvas de molusco y vidrio en la ciudad de talara, piura.* [tesis

de título, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/654603/BravoB_B.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Briones, A. (2018). *Influencia del cloruro de magnesio en comparación con el cloruro de calcio en la estabilización de suelos arcillosos para afirmados*. [tesis de título, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14071/Briones%20Mart%c3%adnez%20Alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Buitrón, S, K. y Enríquez, A, J. (2018). *Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua.* [tesis de título, Escuela Politécnica Nacional]. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19654/1/CD-9058.pdf

Cañar, E, S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón.* [tesis de título, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%c3%b1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf

Castillo, B, F. (2017). *Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras. [tesis de magister, Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26917/3/Tesis.pdf*

Cedeño, D, G. (2013). *Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub-rasante de la avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito. [tesis de título, Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2201/1/T-UCE-0011-63.pdf*

Chávez, E, M. (2019). *Comparación del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas - Talara - Piura,2018*. [tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5060/1/REP_MAEST.INGE_ERICK.CH%c3%81VEZ_COMPARACION.CLORURO.MAGNESIO.BISCHOFITA.FRENTE.CLORURO.SODIO.ESTABILIZANTE.QUIMICO.MEJORAR.SUBRASANTE.VIA.CANTERA.SANTA.RITA.DISTRITO.PARI%c3%91ASTALARA.PIURA.2018.pdf

Chávez, D, M, A, B. y Odar, G. (2019). *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo. [tesis de título, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625903/Ch%c3%a1vez_ad.pdf?sequence=3&isAllowed=y*

Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (2016). *Melazas de caña de azúcar y su uso en la fabricación de dietas para ganado.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171888/Nota_Informativa_Noviembre_Melazas.pdf

Condorchoa, C, G. (2019). Factor clima y su relación con el deterioro de pavimentos rígidos en Ica año 2019. [tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2535/VIAL_T030_21447627_M%20Condorchoa%20Anculle%2C%20Ceferino%20Godofredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De la Hoz, K, H. (2007). *Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos.* [tesis de maestría, Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102894/Estimacio%cc%81n-de-los-

para%cc%81metros-de-resistencia-al-corte-en-suelos-granulares-gruesos.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Fernández, H. (2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca. [tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1140/T016_42379696_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

Fernández, H, W. (2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca.* [tesis de maestrea, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1140/T016_42379696_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flor, S, G. y Torres, C, E. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de propiedades mecánicas con la adición de cloruro de sodio, Puente Piedra, Lima, 2020.* [tesis de título, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27662/Flor%20Salazar%2c%20Sadith%20Giovanna%20-%20Torres%20Rivera%2c%20Carlos%20Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores, J, L. (2020). *Análisis del comportamiento mecánico de suelos cohesivos con adición de cenizas de eucalipto en el sector Palián – Huancayo – 2018.* [tesis de título, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7039/T010_46539607_T.pdf?sequence=1

Gabriel, H, L. (2020). *Influencia del látex reciclado molido y las cenizas de cáscara de arroz en la resistencia al esfuerzo cortante, humedad óptima y densidad seca máxima de suelos arcillosos a nivel subrasante Lima - norte 2020.* [tesis de título, Universidad

Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25465/Gabriel%20Mamani%2C%20Henry%20Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ghavami S., Jahanbakhsh H., Azizkandi A. & Nejad F.M. (2020). Influence of sodium chloride on cement kiln dust-treated clayey soil: strength properties, cost analysis, and environmental impact. *Enyiroment development and sustainability, 23*, 683–702. https://doi.org/10.1007/s10668-020-00603-6

Golcochea, D. (2019). *Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con la aplicación de enzimas orgánicas, Chachapoyas, 2018.* [tesis de título, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/001/109/1109543.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20220515%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220515T213224Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=d51496f715edc78f719ac3d6dfba1134fc2d57b60f5eff1d677452b30635160a

Guillen, W. y Riveros, J. (2021). *Efectividad del cloruro de magnesio hexahidratado en la estabilización de la capa de rodadura en la carretera vecinal Santa Rosa-Santiago-Ancobamba, distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes – 2019.* [tesis de título, Universidad Tecnológica de los Andes]. https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/283/1/Efectividad%20del%20cloruro%20de%20magnesio%20hexahidratado%20en%20la%20estabilizaci%c3%b3n%20de%20la%20capa%20de%20rodadura%20en%20la%20carretera%20vecinal%20Santa%20Rosa-Santiago-Ancobamba%2c%20distr.pdf

Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. Selección de muestra. *Espacio de Formación Multimodal, 6,* (1), 170-191. http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf

Hidalgo, D, I. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante.* [tesis de título, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24610/1/Tesis%201090%20-%20Hidalgo%20Benavides%20Deivys%20Ismael.pdf

Huamán, I, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio).* [tesis de título, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24608/1/Tesis%201088%20-%20Guam%c3%a1n%20Iler%20Israel%20Isa%c3%adas.pdf

Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno.* [tesis de maestría, Universidad Andina “Néstor Cáceres Velázquez”]. https://core.ac.uk/download/pdf/249337494.pdf

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Estudio para determinar el nivel de vulnerabilidad física ante la probable ocurrencia de un gran sismo de magnitud: distrito de puente piedra*.

http://bvpad.indeci.gob.pe/html/es/coleccion_prevencion_estudios_tecnicos.htm

Jibaja, G, G. (2021). *Influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista-Carabayllo 2021.* [tesis de título, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84975/Jibaja_OGG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Llique, R, H. (2015). *Influencia de la humedad de compactación en el comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos.* [tesis de doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8212/Tesis%20DoctoradoX%20-%20Rosa%20H.%20Llique%20Mondrag%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, J, J. y Ortiz, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay.* [tesis de título, Universidad Tecnológica de los Andes]. https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/152/1/TesisEstabilizaci%c3%b3n%20de%20suelos%20arcillosos%20con%20cal.pdf

Maheshwari, B., & Ravikumar, B. (2015). Study on Stabilization of Soil Using Sea Shell and Bitumen Emulsion. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4(*7), 1-8*. http://www.ijirset.com/upload/2015/july/65_19_STUDY.pdf*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección suelos y pavimentos.* http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf

Moale, A, B y Rivera, E, J. (2019). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica.* [tesis de título, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648846/MoaleQ_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Naranjo, V, T. (2011). *Las Características del Suelo de Subrasante de los caminos vecinales de la Comunidad de Echaleche Pilahuín y su Incidencia en el Comportamiento de la Capa de Rodadura.* [tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato].

https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2200/1/Maestr%C3%ADa%20V.T.%2065%20-%20Naranjo%20Perugachi%20Victor%20Trajano.pdf

Ordóñez, J., Auvinet, G. y Juárez, M. (2014). Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. *Ingeniería Investigación y Tecnología. 16*(3), 453-470. https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2015/v16n3-12.pdf

Perez, S, P. (2021). *Aplicación de ceniza de cabuya y extracto de aloe vera en la subrasante de la carretera Muyurina – Quinua, Ayacucho - 2021.* [tesis de título, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85099/Perez_RSP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quispe, E. (2021). Estabilización de subrasantes blandos, con adición de compuestos inorgánicos en vías no pavimentadas de la urbanización Fonavi, Abancay-Apurímac 2020. [tesis de título, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/59815/Quispe_ME-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quispe, E. y Sañac, M. (2019). *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018.* [tesis de título, Universidad Tecnológica de los Andes]. https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/206/1/Influencia%20de%20la%20incorporaci%c3%b3n%20de%20pl%c3%a1stico%20reciclado%20triturado-PET.pdf

Quispe, P, J. y Rivas, R. (2017). *Mejoramiento de la vía de acceso al Santuario Nacional del Ampay utilizando enzimas orgánicas en el tratamiento superficial de la carretera.* [tesis de título, Universidad Tecnológica de los Andes].

https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/55/1/Mejoramiento%20de%20la%20v%c3%ada%20acceso%20al%20Santuario%20Nacional%20del%20Ampay.pdf

Rahil, F., Al-Soudany, K., Abbas, N., & Hussein, L. Y. (2019). Geotechnical Properties of Clayey Soils Induced by the Presence of Sodium Chloride*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,518*, 1-11*.* https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/518/2/022064/pdf

Ramos, M, B. e Illidge, D, F. (2017). Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento. [tesis de grado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1116&context=ing_civil

Ravines, M, A. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras.* [tesis de título, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/f964d55e-4ee6-4e2b-b2f7-d0f7f66b0100/content

Revolorio, J, C. (2013). *Incidencia de resultados del ensayo Proctor por la influencia de clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo.* [tesis de título, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3624_C.pdf

Salcedo, K, K. y De La Cruz, L, M. (2016). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín*. [tesis de título, Universidad Peruana Los Andes]. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/112/Lizeth_Mercedes_Tesis_Licenciado_2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Terrones, A, T. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018.*

[tesis de título, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14971/Terrones%20Cruz%20Andrea%20Thatiana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Yucra, A. y Camala, E, I. (2017). Análisis del uso de aditivos Perma-Zyme y cloruro de calcio en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (desvio Huancané-Chupa)-Puno. [tesis de título, Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3845/Yucra_Callata_Arturo_Camala_Jilapa_Edwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y

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.