



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de
subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal usando zeolitas naturales,
Moquegua, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Chana Llanque, Flor Elizabeth (orcid.org/0009-0000-1452-2537)

Mamani Mamani, Edwin Joel (orcid.org/0009-0008-1779-3904)

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (orcid.org/0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Chana Llanque, Flor Elizabeth

Dedico esta tesis a Dios y mi familia por haberme dado su apoyo absoluto, alentando en cada paso y fase de mi vida.

Mamani Mamani, Edwin Joel

A nuestro Dios todopoderoso por darnos la dicha de la vida y poder estar siempre agradecidos con Él y a mis padres que siempre están para poder apoyarme.

Agradecimiento

Chana Llanque, Flor Elizabeth

A la Universidad por haberme dado la procedencia de realizar la presente investigación y la guía del asesor en todo el procedimiento de la tesis.

Mamani Mamani, Edwin Joel

A nuestro asesor el Ing. Jorge Olarte quien fue nuestro guía en la elaboración de nuestra tesis. A mi familia y amistades por darme todo su apoyo incondicional.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación:	18
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.6. Método de análisis de datos:.....	41
3.7. Aspectos éticos:	41
IV. RESULTADOS.....	42
V. DISCUSIÓN.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	69
ANEXOS	76

Índice de tablas

Tabla 1. Abertura de tamices	33
Tabla 2. Resultado del Índice de Plasticidad - ensayo de Límites de Consistencia con dosificaciones de zeolita.....	46
Tabla 3. Resultados del ensayo de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.	49
Tabla 4. Resultados de la fórmula de CBR equivalente incorporando dosificaciones de zeolita.	54
Tabla 5. Prueba de normalidad de la variable Índice de plasticidad.	55
Tabla 6. Prueba de normalidad de la variable CBR.	56
Tabla 7. Prueba de normalidad de la variable Espesor.....	57
Tabla 8. Prueba de correlación de Pearson del Índice de plasticidad con la zeolita.	58
Tabla 9. Prueba de correlación de Pearson de CBR con la zeolita.....	59
Tabla 10. Prueba de correlación de Pearson del espesor de estabilización con la zeolita.....	60
Tabla 11. Resultados de comparación del índice de plasticidad.....	62
Tabla 12. Evaluación de resultados del ensayo de CBR.....	63

Índice de figuras

Figura 1. Zeolita natural.....	13
Figura 2. Corte transversal de pavimentos flexible.....	14
Figura 3. Ensayo de límite líquido - suelo con ranura de dos milímetros.	15
Figura 4. Cilindros de tres milímetros de diámetro, ensayo de límite de plástico. 16	
Figura 5. Muestras de suelo en condición de inmersión para el CBR	17
Figura 6. Mapa vial de Ilo.	22
Figura 7. Mapa vial del distrito del Algarrobal.....	22
Figura 8. Tramo en estudio de la carretera Ilo-Algarrobal.	23
Figura 9. Reconocimiento del tramo en estudio, carretera Ilo-Algarrobal.....	24
Figura 10. Toma de muestra del suelo (Calicata N°01) Km 1+760	24
Figura 11. Toma de muestra del suelo (Calicata N°02) Km 2+260.	25
Figura 12. Toma de muestra del suelo (Calicata N°03) Km 2+760.	25
Figura 13. Obtención de muestras representativas.	26
Figura 14. Muestras representativas del suelo de subrasante.	26
Figura 15. Cuarteo de muestras representativas.....	27
Figura 16. Granulometría realizados en el laboratorio.....	28
Figura 17. Ensayos de Límites de consistencia realizados en el laboratorio.....	29
Figura 18. Ensayo de Proctor modificado realizados en el laboratorio.	30
Figura 19. Ensayo de CBR realizados en el laboratorio.	31
Figura 20. Zeolitas naturales y sintéticas.	32
Figura 21. Estructura de la zeolita natural.	32
Figura 22. Ensayo de análisis granulométrico.	33
Figura 23. Muestra de suelo por el método de Casagrande.....	35
Figura 24. Ensayo de Limite plástico.	35
Figura 25. Clasificación de materiales en función de los Límites de Atterberg.	36
Figura 26. Ensayo de Proctor modificado con la dosificación de zeolitas.	37
Figura 27. Proceso de compactación - Proctor Modificado.	38
Figura 28. Equipo y materiales de CBR.	39
Figura 29. Prensa de CBR.....	40
Figura 30. Formula del CBR equivalente.....	41
Figura 31. Mapa político de Moquegua.	42

Figura 32. Mapa de los distritos de Ilo.....	43
Figura 33. Mapa de la ubicación del distrito de Algarrobal.	43
Figura 34. Mapa climático del Perú.	44
Figura 35. Dosificación de zeolitas para los ensayos de Límites de Consistencia.	45
Figura 36. Ensayos de límites de Consistencia.	46
Figura 37. Gráfico de barra del Índice de Plasticidad con dosificaciones de zeolita.	47
Figura 38. Gráfico de dispersión del Índice de Plasticidad con dosificaciones de zeolita natural.	47
Figura 39. Moldes de CBR con incorporación de dosificaciones de zeolita.	48
Figura 40. Ensayo de CBR con dosificaciones de zeolita en un 5%, 10% y 15%.	49
Figura 41. Gráfica de barras de los porcentajes de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.	50
Figura 42. Gráfica de barras de los porcentajes de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.	50
Figura 43. Gráfica de dispersión de los valores de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.	51
Figura 44. Gráfica de dispersión de los valores de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.	51
Figura 45. Corte transversal de pavimento flexible o asfáltico.....	52
Figura 46. Fórmula de CBR equivalente.	53
Figura 47. Gráfica de dispersión de los valores de CBR equivalente de la muestra incorporando 5% de zeolita natural.	54
Figura 48. Gráfica de barras de comparación del Índice de Plasticidad.....	62
Figura 49. Gráfico de dispersión evaluación de resultados de CBR.....	63

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo relevante, optimizar las propiedades fundamentales del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, provincia de Ilo, en el departamento de Moquegua. El método de la presente investigación es aplicado, de enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación es descriptivo y de nivel aplicativo, la población es el suelo de subrasante que conforma la carretera Ilo-algarrobal, la muestra fue obtenida del Km 1+760 al 2+760, el muestreo es probabilístico mediante tres calicatas el cual se realizó cada 500 metros de longitud, con la técnica observacional e instrumentos de laboratorio.

Los resultados obtenidos mostraron que a mayor incorporación de zeolitas optimizó las diferentes propiedades del suelo de subrasante. El suelo natural obtuvo un IP de 14.75%, por lo que añadiendo un 5% de zeolita disminuyó a 10.21%, con un 10% de zeolita disminuyó a 8.88% y un 15% de zeolita disminuyó en 6.11%. La influencia del ensayo CBR sin adición es de 5.68 % con una adición de 5 % de zeolita optimizó a 22.52 %, con la adición de 10% a 40.00% y con un 15 % de zeolita se incrementó en 44.30% de CBR.

Palabras clave: Zeolita natural, subrasante, estabilización de suelo.

ABSTRACT

The relevant objective of this thesis is to optimize the fundamental properties of the subgrade soil of the Ilo-Algarrobal highway, province of Ilo, in the department of Moquegua. The method of this research is applied, with a quantitative approach, the research design is descriptive and at an application level, the population is the subgrade soil that makes up the Ilo-algarrobal highway, the sample was obtained from Km 1+760 to 2+760, the sampling is probabilistic through three pits which were carried out every 500 meters in length, with the observational technique and laboratory instruments.

The results obtained showed that a greater incorporation of zeolites optimized the different properties of the subgrade soil. The natural soil obtained an IP of 14.75%, so adding 5% zeolite reduced to 10.21%, with 10% zeolite reduced to 8.88% and 15% zeolite reduced by 6.11%. The influence of the CBR test without addition is 5.68% with an addition of 5% zeolite optimized to 22.52%, with the addition of 10% to 40.00% and with 15% zeolite it increased by 44.30% CBR.

Keywords: Natural zeolite, subgrade, soil stabilization.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, las carreteras son parte fundamental e importante en el crecimiento y desarrollo de un país, una estructura de pavimento depende principalmente del suelo de fundación donde se cimienta. En algunos países presentan sectores críticos donde predominan los suelos blandos, los cuales poseen características no adecuadas debido a su elevada plasticidad, a consecuencia de esto se presentan fallas prematuras en el pavimento. A nivel internacional tenemos a Hernández (2021), en estos últimos años estudió el comportamiento mecánico de un suelo arcilloso del valle central de Querétaro (México), donde presentó en sus propiedades un índice de plasticidad muy elevado que en carreteras da lugar a asentamientos, debido a su mínima capacidad portante, una resistencia baja a las cargas y una vida útil reducida, teniendo en cuenta que algunos sectores presentan climas con periodos estacionales de precipitaciones, lo que genera cambios volumétricos por la alta presencia de humedad en el suelo, variaciones en las condiciones climáticas y la capacidad del terreno para deformarse.

En el ámbito nacional, nuestro país Perú posee diversas variedades de suelos a la largo y ancho de sus tres regiones, por ejemplo, en la zona costa predomina los suelos alcalinos y areno-limosos, en la región andina presenta suelos granulares y finos que en temporada de precipitaciones la elevada humedad provoca cambios volumétricos, en la región amazónica predominan los suelos cohesivos como la arcillas y limos, los cuales presentan elevadas plasticidades y limitada capacidad de soporte. A nivel nacional tenemos a Cortez y Fernández (2015) donde estudió el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima previo a ello el autor observó fallas en los pavimentos con limitada capacidad de soporte debido a que los suelos fueron de tipo areno-limosos, los cuales no cuentan con características adecuadas para los proyectos de carreteras ya que, son de alta plasticidad y es desfavorable para la estructura del pavimento, causando distintas fallas como deformaciones y asentamientos, por esta última razón es que no cumplen con las Especificaciones Técnicas Generales (EG-2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

En el ámbito local, la investigación está aplicado en la carretera Ilo-Algarrobal se encuentra en la provincia de Ilo en el departamento de Moquegua, esta carretera presenta suelos de tipo areno-limosos; los cuales son calificados como blandos y de limitada resistencia, generalmente en los meses de julio a septiembre existen presencia de precipitaciones, presentando cambios volumétricos debido al contenido de humedad, asimismo, no cumplen con el CBR indicado en las Especificaciones Técnicas Generales del MTC del Perú; por lo tanto, es necesario plantear métodos para mejorar la estabilización de los suelos y evitar fallas prematuras del pavimento.

Esta investigación tiene como **problema general**: ¿De qué modo influye el uso de Zeolitas naturales en el mejoramiento de las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua? Como **problemas específicos**: ¿Cómo influye el uso de Zeolitas en la capacidad de soporte de los suelos subrasante de la carretera Ilo - Algarrobal en el departamento de Moquegua?, ¿En qué medida el uso de Zeolitas reduciría el Índice de Plasticidad de los suelos finos de la carretera Ilo - Algarrobal en el departamento de Moquegua?, ¿Empleando el concepto de la rigidez equivalente cual sería el espesor apropiado por estabilizar, considerando los principios de diseño de pavimento AASHTO1993?

En la presente investigación, la **justificación teórica** se fundamenta en cerrar las brechas del conocimiento en relación a la estabilización del suelo con zeolita natural generando nuevos conceptos y teorías como conocimiento a la ingeniería, para fines de mejorar y evaluar las propiedades del suelo se empleará porcentajes de 5%,10% y 15% de zeolita natural que se adicionará a la subrasante y estarán basados en los antecedentes de las investigaciones de Hernández (2021), Cortez y Fernández (2015). Por su parte, la **justificación práctica** de esta investigación aportará como una alternativa para mejorar la realidad del ámbito de estudio, relacionado al mejoramiento de la subrasante empleando zeolita natural con resultados válidos y confiables.

En esta investigación **la justificación social** se basa en garantizar un adecuado mejoramiento de suelos, se garantizará un cimiento estable para la construcción del pavimento, cumpliendo el periodo de vida de diseño y será en beneficio económico y social de la población. Por su parte, **la justificación metodológica**, se plantea una nueva estrategia en lo que se refiere a la estabilización de suelos mediante la dosificación de zeolita natural el cual generará conocimiento válido y confiable ya que, será una tesis sustentada con pruebas de laboratorio.

Esta investigación tiene como **objetivo general**: Mejorar las propiedades fundamentales del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua. Como **objetivos específicos**: OE 1 Reducir la plasticidad del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua OE 2 Elevar la capacidad de soporte del suelo blando de la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua, y como tercer objetivo: Diseñar el espesor de estabilización de suelos empleando zeolitas, siguiendo los principios de la rigidez equivalente y el diseño de pavimentos AASHTO1993.

La investigación tiene como **hipótesis general**: El uso de zeolitas en dosificaciones adecuadas mejoraría las propiedades fundamentales del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua. Como **hipótesis específicas**: H 1 El uso de zeolitas elevaría la capacidad de soporte de los suelos. H 2 Adicionando zeolitas al suelo de subrasante se reduciría la plasticidad de los suelos blandos de fundación de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua. H 3 Una técnica adecuada para evaluar el espesor de estabilización con zeolita sería considerando el concepto de la rigidez equivalente.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes nacionales tenemos a **Tipo (2023)** con el título “Estabilización del suelo mediante la adición de Zeolita, Cotarsaya, Azángaro, Puno, 2023”, esta tesis como **objetivo** general es evitar filtraciones de agua de tal modo que forma bofedales que alteran el normal funcionamiento del canal principal Progreso Asillo. Es una investigación de **tipo** aplicada, tiene un **enfoque** cuantitativo, posee un **diseño** experimental y un nivel de investigación explicativo. Su **población** está constituida por material que conforma el cuerpo del dique de la tierra, la **muestra** se realizó a través de una calicata del cual se sacó el material para su posterior experimentación, el **muestreo** es no probabilístico y los instrumentos que utilizaron fueron equipos y herramientas de laboratorio además de softwares. Como **resultados** tenemos que los valores dispersión disminuyen ante el aumento de dosificación de zeolita, pasando de un grado de dispersión entre 30% y 50% a un grado no dispersivo menor al 30% para la zeolita en 4.5% y 5%, en cuanto al índice de permeabilidad se incrementa los valores, no obstante se nota el incremento en los valores ante el incremento de zeolita, donde se obtiene valores dentro del rango permisible para diques de tierra entre 15 y 35, en cuanto a permeabilidad valores reducen con el aumento de la zeolita elevándose desde $7.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$. Finalmente **se concluyó** que del ensayo de doble hidrómetro en la muestra sin alterar se tiene un porcentaje 35.58% y con las dosificaciones de 2.5%, 3.5%, 4.5% y 5% en peso se obtuvo 32.93%, 30.12%, 22.51% y 15.38% se ven reducidos frente al incremento de zeolitas pasando de un grado de dispersión intermedio a uno no dispersivo, en cuanto al índice de plasticidad (IP) mediante el ensayo de límite de consistencia tenemos que para el suelo inalterado el valor es de 13.5 mientras que con dosificaciones de 2.5%, 3.5%, 4.5% y 5% se obtiene valores de 15.6, 17.5, 18.2 y 19.1, entonces los valores se vieron incrementados ante la muestra sin dosificar dando a entender que se está en un rango recomendado de dique de tierra entre 15 y 35, que a su vez nos indica un suelo estable. Para la permeabilidad la muestra inalterada tuvo un valor de $7.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, pero con la adición de 2.5%, 3.5% 4.5% y 5% se obtuvo una permeabilidad de $5.3 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, $2.31 \times 10^{-6} \text{cm/s}$, $1.22 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ y $6.5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ donde se nota que el incremento de zeolita reduce la permeabilidad

del suelo, de tal modo que se disminuyen las filtraciones, el cual resultara beneficioso para la funcionalidad de la obra.

Cortez y Fernández (2015) con el título tesis, “Influencia de las zeolitas en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de Lima para vías a nivel de afirmado, Lima, 2015”, posee como **objetivo** general ofrecer una solución asequible para las vías no pavimentadas, con el uso de aditivos químicos como las zeolitas y biopolímeros. Es una investigación aplicada y descriptiva, **enfoque** cuantitativo posee un **diseño** experimental y un **nivel** de investigación explicativo. **Población** suelo de Lima metropolitana, las **muestras** serán obtenidas de vías afirmadas de la urbanización San Pedro en el distrito de Carabaylo (Lima Norte), Comunidad Urbana Autogestionada de Huaycán, del distrito de Ate (Lima Este) y la zona llamada “Las Praderas de Lurín” en el distrito de Lurín (Lima Sur), **muestreo** no probabilístico y los instrumentos a utilizar fueron las libretas de apuntes, instrumentos físicos del laboratorio y software para el procesamiento de datos obtenidos. Como **resultados** tenemos resulta 28 kg/cm² para la muestra que el ensayo de compresión simple, es un 7% de cemento y para la muestra de suelo 32 kg/cm², luego para el 5% de se usó 1% de zeolita, para la muestra de suelo un 4 kg/cm² en Carabaylo; seguido se usó para la muestra 25 kg/cm², un 6% de cemento y 34 kg/cm² de muestra, a esto se añadió un 3% de cemento, 1% de zeolita y 2 kg/cm² para el suelo de Huaycán; finalmente se usó 19 kg/cm² de muestra, un 10% de cemento y 21 kg/cm² para la muestra, un 9% de cemento y zeolita 1%, 0.58 kg/cm² para Lurín. Como **conclusión** de los resultados se afirma que la zeolita es un buen aditivo junto al cemento complementa al cemento y sus propiedades se suman y generan un producto de mayor resistencia, con la aplicación de AASTHO para el diseño de pavimento destaca la mezcla de muestra, cemento y zeolita se consiguió comprimir el espesor del pavimento a un 35 cm para la Carabaylo, 18 cm de espesor para Huaycán y un 20 cm de espesor para Lurín.

Como antecedentes internacionales, **Hernández (2021)** en su tesis titulada “Comportamiento mecánico de un suelo arcilloso estabilizado con puzolanas (zeolitas) como material para capa sub base” esta investigación tiene como

objetivo evaluar la capa de estabilización de la cal y puzolanas naturales (zeolitas) y acrecentar el desempeño mecánico del suelo, es una investigación de **tipo** aplicada, **enfoque** cuantitativo, **diseño** experimental, **nivel** de investigación explicativo, la **población** es valle central de Querétaro (México), la **muestra** fue obtenida de la urbanización Jurica Campestre de una calicata, muestreo no probabilístico debido a que la zona tiene características topográficas delimitada por volcanes, los instrumentos a utilizar fueron todos los del laboratorio y cuaderno de apuntes. Como **resultados** tenemos que al combinar la zeolita con la cal estabilizar el suelo es factible combinar cal al 10% y zeolita al 6% produce una mejora en los Límites de Consistencia, se incrementa el porcentaje de CBR junto con la cal al 10% y la zeolita a 6% siendo 59% respecto a la muestra patrón de 6.10%. Como **conclusión** tenemos que la combinación de la cal junto a la zeolita nos da un resultado eficiente, se debe tener en cuenta que la dosificación de cal y zeolita al 10% de cal y de 6% de zeolita, las zeolitas se consideran como la ideal para un buen análisis económico de materiales y en cuanto al CBR el valor obtenido se incrementa hasta 11.8 veces el valor del suelo natural lo cual cumple con la normativa mexicana N-CMT-4-02-001.

Demirbas (2009) en su tesis titulada “Estabilización de suelos expansivos utilizando zeolita”, tiene **objetivo** investigar los efectos de la adición de la zeolita bigadic sobre los límites de Atterberg, distribución del tamaño de grano y tasa de crecimiento de una muestra de suelo expansiva, investigación de **tipo** aplicada, **enfoque** cuantitativo, **diseño** experimental, **nivel** de explicativo. La **población** es la mina de boro en Bigadic, la muestra es una roca extraída de la mina, muestreo no probabilístico, los instrumentos de laboratorio. Como **resultados** obtuvo que al añadir 20% de zeolita a la muestra artificial la estabilización fue eficaz, de igual modo con los porcentajes inferiores. Como **conclusión** se llegó a que los límites líquidos y de plasticidad disminuyeron después de la adición de la zeolita.

Como artículos científicos internacionales tenemos, **Hernández, López y Horta (2021)** en su artículo titulado “Zeolita natural **proveniente** de Puebla como un tratamiento de suelos de la región de Querétaro en vías terrestres: Efectos en su comportamiento plástico, México, 2021”, tuvo como **objetivo** reconocer la reacción

puzolánica de la arcilla expansiva añadiendo zeolita natural, metodología de **tipo** experimental, con un **enfoque** cuantitativo, de **diseño** experimental, y un **nivel** explicativo, la **población** fue la región de Querétaro, la **muestra** será obtenida de la ciudad de Santiago de Querétaro, **muestreo** no probabilístico e instrumentos a usar fueron los cuadernos de apuntes e instrumentos de laboratorio. El **resultado** de la muestra obtenida se logró alcanzar un límite líquido igual a 58.9%, límite plástico de 37.9% este suelo fue surtido con zeolita natural. Finalmente se llegó a la **conclusión** que se puede estabilizar un suelo expansivo con tal solo 6% de zeolita si este no pasa el 15% debido a un alto costo de ese material.

Gonzales, Armas y Guzmán (2010) con el título “Estabilización de un Suelo dispersivo mediante zeolita micronizada, Camagüey, Cuba, 2010” tuvo como **objetivo** estabilizar el suelo arcilloso, con una **metodología** tipo cuasiexperimental, de **enfoque** cuantitativo, **diseño** experimental, **nivel** de investigación aplicativo, la **población** es obtenida de la parte oriental del país cubano, la **muestra** se obtuvo de la ciudad de Camagüey muestreo no probabilístico, los instrumentos a usar fueron todos los del laboratorio de suelos. Tuvo como **resultado** que a la adición de 5% y 10% de zeolita alcanza la humedad óptima del ensayo Proctor Estándar al 38% dejando reposar por tres días para el intercambio catiónico. Como **conclusión** llegamos a que se logró convertir con éxito la arcilla bentonita en arcilla dispersiva usando agua con cloruro de sodio. Al agregar un 5% de zeolita al material dispersivo, se logró estabilizarlo y convertirlo en arcilla no dispersiva.

Norouznejad, Shooshpasha, Mirhosseine y Afzalirad (2021) en su artículo titulado “Influencia de la zeolita en las características de compactación y resistencia al corte, Babolsar, Irán, 2021” tiene como **objetivo** general ver la influencia de la zeolita junto al cemento en las propiedades físicas del suelo, tiene una **metodología** de tipo experimental, **enfoque** cuantitativo, **diseño** experimental, **nivel** de investigación aplicativo, la **población** es la ciudad de Babolsar, la **muestra** fue obtenida de la zona costera de Babolsar, **muestreo** probabilístico, los instrumentos utilizados son los equipos del laboratorio para los posteriores análisis. Tuvo como resultado que con el 2%, 4% 6% y 8% de cemento junto con 0%, 1.2%, 3.6%, 7.2% de zeolita natural incrementa la resistencia del ensayo Proctor. Por lo

que se concluyó que al incrementar el porcentaje de zeolita hasta 1.2% es suficiente para producir una ganancia notable en la resistencia al corte y mejora aún más cuando se incrementó el porcentaje de zeolita y junto al cemento que la más resistencia extra.

Como artículos científicos tenemos, **Fauziah y Husni (2019)** en su artículo científico titulado “Estudio experimental de la estabilización de suelos blandos utilizando zeolitas en ciclos de secado-humedad, Isla Célebes, Indonesia, 2019” tiene como **objetivo** general generar una alternativa al uso de cemento mediante la zeolita. Tiene como **metodología** de tipo experimental, **enfoque** cuantitativo, **diseño** experimental y **nivel** de investigación explicativo, la **población** es la isla Célebes y la **muestra** fue obtenida de Célebes Sudoriental, **muestreo** no probabilístico y los instrumentos fueron los equipos de laboratorio y las libretas de tomas de apuntes. Se obtuvieron los siguientes **resultados** que al agregar 3% de zeolita el valor de la resistencia a la compresión se incrementó comparado a la muestra sin dosificar y en mayor medida con los porcentajes de 6% y 9%, para el caso del CBR también hubo un incremento con tan solo el 3% de zeolita de igual modo con el 6% y 9%. Como **conclusión** en áreas húmedas cambiantes como climas tropicales, es crucial estabilizar suelos contra ciclos de sequedad y humedad. La zeolita, con propiedades puzolánicas, refuerza el suelo al hacerlo menos permeable al agua. Su aplicación depende de las circunstancias, pero en esencia, la zeolita podría sustituir al cemento para estabilizar el suelo.

Makwin, Alhassan y Alhaji (2020) en su artículo científico “Efecto de la zeolita sobre la resistencia a la compresión libre del suelo arcilloso estabilizado como material de construcción, Gwagwalada, Nigeria, 2020” tiene como **objetivo** general evaluar la característica resistente de un suelo arcilloso estabilizado con diferentes porcentajes de zeolita y cemento, Tiene una **metodología** de tipo experimental, **enfoque** cuantitativo, **diseño** experimental y **nivel** de investigación explicativo, la población seleccionada fue el área de Gwagwalada del territorio de la capital federal en Nigeria, la **muestra** fue obtenida de Giri village, **muestreo** no probabilístico y los instrumentos utilizados fueron los aparatos de laboratorio y block de apuntes. Se obtuvieron estos **resultados**, que para una mezcla de hasta el 6% de cemento y

de hasta 15% de zeolita incrementó la resistencia de la muestra alterada, por tanto, se llega a la **conclusión** de que la resistencia a la compresión incrementa a medida que se aumenta el porcentaje de zeolita, aunque si se sobrepasa del 6% la resistencia disminuía por lo que podemos decir que el porcentaje óptimo de zeolita es del 6%.

Aftabi, Fathi y Aminfar (2020) los mencionados autores en su artículo, “El efecto de la zeolita en las propiedades mecánicas sobre el suelo limo-arenoso, Semnan, Irán, 2020”, su **objetivo** general es investigar el efecto de la zeolita sin efecto que active sobre la resistencia de las muestras del suelo, **metodología** experimental enfoque cuantitativo, **diseño** experimental y **nivel** de investigación explicativo, la **población** el territorio de Semnan en Irán y la **muestra** obtenida de las afueras de la ciudad, **muestreo** probabilístico los instrumentos utilizados fueron los aparatos de laboratorio y block de apuntes. Los **resultados** nos muestran que al incrementar el porcentaje de zeolitas en el suelo se obtuvieron mayor resistencia de curado a la mezcla suelo-cemento con 14 días y al incrementar la zeolita al 80% las partículas dominan el comportamiento del suelo. Como **conclusión** tenemos que, al incrementar el porcentaje de zeolita, el contenido de humedad óptimo incrementa así mismo el límite líquido y plástico.

Teorías

Variable independiente: Zeolita

La teoría del tamaño de los poros, esta teoría se refiere a sus dimensiones, formas y estructuras, y poseen una capacidad de selección molecular, según esta teoría, la zeolita posee una característica de discriminar entre las moléculas en función de su forma y tamaño, las moléculas más pequeñas pueden entrar sin dificultad a través de los poros, mientras que las moléculas más grandes son excluidas. Teoría de la acidez, debido a que las zeolitas son conocidas por su actividad catalítica, se han desarrollado teorías centradas en la acidez de los sitios activos dentro de la estructura de las zeolitas, de acuerdo con esta teoría la acidez presente en las zeolitas proviene de la existencia de átomos de aluminio enlazados con átomos de oxígeno en la red cristalina, estos lugares ácidos tienen la capacidad de interactuar

con las moléculas que son adsorbidas en la zeolita, además de catalizar diversas reacciones químicas.

Dosificación de zeolitas

En relación a la dosificación se tiene la teoría de la proporción óptima el cual es de trascendental relevancia en diversas esferas del conocimiento, dado su rol primordial al considerar una multiplicidad de variables al momento de incorporar con meticulosidad la cantidad justa de una sustancia o compuesto, esta teoría tiene como propósito alcanzar un efecto deseado sin desencadenar efectos secundarios a corto o largo plazo. En el ámbito de la dosificación de zeolitas, estas pueden adoptar diferentes formas, ya sea en gránulos, polvo, o incluso en combinación con otros materiales, como sustratos sólidos, la elección de la cantidad y la modalidad de aplicación se revela determinante en la eficiencia y el desempeño de las zeolitas en contextos diversos. La determinación de la dosis óptima para las zeolitas implica, a su vez, la realización de exhaustivos estudios y pruebas, tanto en laboratorios controlados como en condiciones reales de campo, se exploran distintas concentraciones de este mineral, con el fin de identificar con precisión la cantidad adecuada para su ulterior implementación. En esencia, la dosificación de zeolitas cristaliza como un proceso esencial que demarca la cantidad exacta a incorporar en un compuesto, con tal de lograr el resultado anhelado sin conllevar efectos adversos.

Variable dependiente: Resistencia de la subrasante

Esta variable hace referencia al material ubicado bajo la capa de pavimento para resistir cargas aplicadas, esta propiedad es fundamental, ya que la subrasante debe ser lo adecuadamente resistente para soportar las cargas vehiculares y distribuirlas de manera efectiva y óptima a lo largo del pavimento, la evaluación de esta resistencia implica la ejecución de pruebas de laboratorio o ensayos in situ en el mismo lugar. El valor obtenido para la resistencia de la subrasante se convierte en un componente esencial en los cálculos para el diseño estructural del pavimento, este valor contribuye a determinar el espesor adecuado del pavimento y a evaluar la capacidad de carga del suelo subyacente, si se constata que la resistencia de la

subrasante es insuficiente para cumplir con estos requisitos, se deben tomar medidas correctivas para reforzarla. Es esencial reconocer que la resistencia de la subrasante no es constante, sino que se logra transformar en función de muchos factores, estos incluyen el tipo de muestra presente, las condiciones climáticas de la zona, el nivel freático del agua subterránea y otros aspectos geotécnicos específicos del lugar.

Propiedades físicas del suelo de subrasante.

La teoría de la densidad, esta teoría se fundamenta en los elementos que compone el suelo para determinar la porosidad del suelo, existen tres tipos: densidad absoluta, aparente y relativa. Por otro lado, la teoría de la plasticidad, se sustenta en el concepto de los límites de plasticidad, estos límites representan el nivel de humedad crítico de un suelo, por encima del cual el material manifiesta una deformación plástica en respuesta a tensiones aplicadas, de manera similar a cómo se estira la plastilina al ejercer una fuerza sobre ella, los suelos con plasticidad alta son más dispuestos a la deformación, mientras los suelos de plasticidad baja son más resistentes a deformaciones por cambios de humedad.

Propiedades mecánicas del suelo de subrasante.

La teoría de capacidad portante es el término que hace referencia a la aptitud de un suelo para soportar cargas sin experimentar deformaciones significativas, este concepto engloba una serie de parámetros cruciales, entre ellos, la capacidad de resistencia al corte en el suelo, su nivel de compresibilidad y la manera en que se distribuye la carga a lo largo del área de contacto, además, es importante destacar que existen varios tipos de capacidades de carga, cada uno con sus propias características, estos tipos incluyen la capacidad de carga máxima, que es el punto donde el suelo empieza a ceder frente a la carga aplicada, la capacidad de carga última, que se precisa como la carga máxima que puede soportar el suelo sin desmoronarse, la capacidad de carga que se encuentra por debajo de la carga última garantiza un margen de seguridad y la capacidad de carga segura total, que incluye todos los factores de seguridad posibles, y la presión superficial admisible neta, que es la carga máxima que puede aplicarse por unidad de área. Una medida

clave en el estudio de la resistencia del suelo es el Índice de Soporte de California (CBR), una métrica ampliamente utilizada a nivel mundial para evaluar la resistencia relativa de un suelo de subrasante. Este índice implica compactar una muestra del terreno en moldes estandarizados que siguen las pautas de la ASTM 1883. Estos moldes son sumergidos en agua y, luego, se aplican cargas de prueba en la superficie del suelo utilizando un pistón estandarizado, el resultado de esta prueba proporciona información valiosa sobre la capacidad de carga del suelo en estudio. En el ámbito de la ingeniería geotécnica, la compactación es un proceso crucial, consiste en aumentar la densidad del suelo al eliminar los espacios de aire presentes en él, este proceso se basa en la relación entre la humedad óptima y densidad seca del suelo, el nivel de humedad en el que el suelo alcanza su máxima eficiencia en términos de capacidad de carga y resistencia, la determinación del contenido de humedad óptima se reforma en función del tipo de suelo y se logra a través de pruebas meticulosas de compactación. Teoría de permeabilidad, esta teoría nos proporciona información sobre la facilidad con la que el agua puede atravesar un suelo en específico, su base teórica se sustenta en la Ley de Darcy, que considera tanto la estructura del suelo como su porosidad para prever esta propiedad crucial.

Enfoques conceptuales

Variable independiente: Zeolitas

La zeolita es un mineral aluminosilicatos poroso, debido a que tienen la capacidad de hidratarse y deshidratarse de forma variable, existen dos tipos de zeolitas las cuales son las zeolitas naturales y las sintéticas. Las naturales se forman a partir de la precipitación de líquidos en los poros o también en la alteración de los cristales volcánicos, según las condiciones exteriores de temperatura, presión, actividad de las especies iónicas y presión parcial de agua definen que tipo de zeolita se formara con el paso del tiempo. En cambio, la zeolita sintética es un tamiz molecular en pasta o en polvo, por lo general se utiliza en sistemas de poliuretano de dos componentes, este aditivo absorbe agua o alguna impureza.

Dosificación de zeolitas

El proceso de dosificación de zeolitas se refiere a la acción de introducir zeolitas en las muestras de suelo obtenidas, esto tiene el propósito de facilitar la obtención de los datos cruciales para nuestro estudio, no obstante, es imperativo abordar este procedimiento con precaución y meticulosidad, ya que los resultados que se obtengan se someterán a un análisis minucioso. En el contexto de nuestras investigaciones, procederemos a incorporar zeolitas en las muestras extraídas de la calicata. Para efectuar este proceso, utilizaremos indicadores expresados en forma de porcentajes. Esta metodología asegura que nuestras muestras contengan un porcentaje específico de zeolitas, al mismo tiempo que mantienen un 100% de contenido original de la muestra sin ningún tipo de alteración.



Figura 1. Zeolita natural.

Variable dependiente: Resistencia de la subrasante

Esta variable se refiere a la capacidad del suelo que yace debajo de la estructura del pavimento, el cual soporta las cargas que resultan de la rodadura de vehículos, desde bicicletas hasta camiones pesados. La capacidad de carga, por su parte, es una propiedad de la subrasante que le permite resistir estas cargas sin experimentar deformaciones excesivas o fallos estructurales. La medición de esta

propiedad se realiza en MPa, y es relevante considerar que un valor de CBR inferior al 3% (equivalente a $E=30\text{MPa}$) hace que la circulación y el tránsito sean impracticables. Entre el rango de 3% a 20% ($E=30\text{MPa}$ hasta 120MPa), el manejo se torna difícil, mientras que valores superiores a 120MPa ya garantizan una capacidad portante. El ángulo de fricción interna constituye una propiedad que describe la resistencia del suelo de subrasante al deslizamiento y al corte. En esencia, representa el ángulo máximo en el cual el suelo mantiene su estabilidad frente a cargas de corte. Un ángulo de fricción interna más elevado denota una mayor resistencia al deslizamiento, lo que contribuye a una mayor capacidad de carga y estabilidad en la subrasante.



Figura 2. Corte transversal de pavimentos flexible.

Fuente. Ramírez, (34)

Propiedades físicas del suelo de subrasante

La propiedad física del suelo se determina mediante un análisis granulométrico que revela la proporción de partículas con diferentes dimensiones como arena, arcilla y limos. La influencia de esta propiedad es directa en términos de la capacidad de carga del suelo, su compacidad y su capacidad de acceder el paso del agua. Para

realizar este análisis, se utilizan tamices, y el procedimiento consiste en mover una muestra de material a analizar y colocarlo en los tamices, determinando la masa de material retenido en cada uno de los tamices, esto proporciona información valiosa sobre las masas capturadas en cada tamiz.

Límites de Consistencia

Se fundamenta en la premisa de que un suelo con granulometría fina puede adoptar cuatro estados de consistencia diferentes en función de su humedad. Estos estados son sólido, plástico y líquido. El límite líquido se establece por medio de una serie de golpes en un dispositivo llamado cuchara de Casagrande. Por otro lado, el límite plástico no es una propiedad intacta, sino que depende directamente del contenido de agua, este ensayo se asemeja a la acción de moldear plastilina, ya que la porosidad hace referencia a los espacios vacíos presentes en el suelo de subrasante, como también está relacionada con la proporción entre los volúmenes de estos espacios porosos y el volumen total del suelo, esta característica impacta directamente en la capacidad de permeabilidad del suelo, es decir, su capacidad para dejar pasar el agua.



Figura 3. Ensayo de límite líquido - suelo con ranura de dos milímetros.

Fuente: Fichas de laboratorio de la UNI. (39)



Figura 4. Cilindros de tres milímetros de diámetro, ensayo de límite de plástico.

Fuente: Fichas de laboratorio de la UNI (39)

Propiedades mecánicas del suelo de subrasante

Las propiedades mecánicas se determinan a través de ensayos en campo o ensayos de laboratorio tales como la resistencia, deformabilidad y permeabilidad, son todas aquellas que ayudan a identificar el comportamiento del terreno, estados de límites de falla, límites de servicio y que implican ciertas cargas impuestas directa a la capa superficial del terreno.

Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)

Este factor se emplea para descubrir y analizar la fortaleza de la base de la carretera. Esto implica cargar un pistón circular de 19,35 cm² para impulsarlo a 1,27 mm/min hasta lograr una fuerza de penetración de 2,54 mm, esta actividad consta de las siguientes fases: utilizar la prueba de Proctor para determinar la humedad ideal y la densidad máxima, añadir agua a la muestra hasta alcanzar la humedad óptima, y comprimir la muestra en tres moldes con dimensiones de 15.24

cm de diámetro y 17.78 cm de altura, cada uno comprimiendo el molde en 3 capas, es decir, con 2 Golpéelo con un martillo de 0,5 kg un total de 15, 30 o 60 veces, déjelo caer libremente hasta una altura de 30,5 cm, luego aplánelo y sepárelo. Se recoge la plantilla boca abajo, se sumerge la plantilla en agua y se coloca. Después de perforar la placa y calcular el peso conseguido, así como el peso necesario para la sobrecarga, se coloca un soporte de medición en el borde de la plantilla. Se tomarán mediciones diarias durante 4 días usando un microcomparador, se aplica carga al sello de permeabilidad usando una prensa CBR y los datos se obtienen de la curva de permeabilidad. Después de las pruebas, los resultados se presentan como un gráfico de densidad seca. El módulo de elasticidad es un parámetro del grado de rigidez del suelo, que le permite soportar la deformación de la elastina bajo una carga aplicada. Un módulo alto significa más rigidez, mientras que un módulo bajo significa deformación del suelo. Se usa en el laboratorio como prueba de prueba, triaxial, de consolidación o de compresión unilateral, cabe mencionar que no es constante y puede cambiar dependiendo de la fuerza aplicada.



Figura 5. Muestras de suelo en condición de inmersión para el CBR

Fuente. Sánchez, F. (36)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

La naturaleza intrínseca de este estudio lo sitúa dentro de la categoría de investigación aplicada, debido a que su objetivo primordial se orienta hacia la resolución de un problema específico. De esta manera, se persigue la consolidación de conocimiento con el propósito de aplicarlo en contextos prácticos y contribuir al enriquecimiento del desarrollo científico. De manera paralela, se adopta un enfoque de diseño de investigación descriptivo. Esto involucra que se llevará una minuciosa caracterización de la población que se encuentra bajo el escrutinio de este estudio. La finalidad es obtener una comprensión exhaustiva y detallada de sus características, estableciendo así las bases para un análisis riguroso y fundamentado.

3.2. Variables y operacionalización

En el ámbito de la investigación, representa un elemento esencial que posee la capacidad de variar y puede ser objeto de medición o manipulación con el objetivo de analizar su vínculo con otros fenómenos en el contexto científico. Estas variables pueden representar características, propiedades o conceptos de interés, ya sea actuando como una causa (variable independiente) o como un efecto (variable dependiente) en un estudio determinado. Lograr una identificación precisa y ejercer un control adecuado sobre las variables resulta fundamental para avalar la validez y confiabilidad de los resultados logrados. A medida que los investigadores exploran las relaciones entre las variables, se abre la posibilidad de obtener conocimientos significativos y extraer conclusiones sólidamente respaldadas por la evidencia empírica.

Variable independiente: Zeolita

Definición conceptual

La zeolita es un grupo de minerales micro cristalinos que poseen una estructura porosa única, permitiéndoles absorber y liberar moléculas y compuestos. Estos minerales son parte de los aluminosilicatos y se caracterizan por su capacidad de intercambio iónico y adsorción selectiva. Se utilizan en diversas aplicaciones

industriales, como la purificación del agua y la catálisis, debido a su habilidad para capturar sustancias en procesos químicos y ambientales.

Definición operacional

La zeolita, en términos operacionales, se refiere a un mineral aluminosilicatos cristalino con una estructura porosa tridimensional que permite la captura y liberación controlada de moléculas y compuestos específicos. Las zeolitas serán incorporadas en porcentajes sobre la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, donde se llevarán a cabo las pruebas pertinentes, como el índice de soporte CBR, los límites de consistencia, así como el espesor de la estabilización.

Variable dependiente: Resistencia de la subrasante

Definición conceptual

La resistencia en ingeniería yace de la capacidad de resistir esfuerzos aplicados en cualquier dirección sin alterar o deformar el objeto al cual se le aplican estas cargas, mientras que la subrasante constituye la primera capa de la estructura del pavimento, sobre la cual se edifica la capa final del pavimento. Por ende, es la resistencia del pavimento es la capacidad de resistir cargas físicas sobre la subrasante.

Definición operacional

En términos operacionales, se define como la capacidad del suelo que se encuentra debajo de la capa de pavimento para soportar cargas aplicadas por vehículos y rodaduras. La resistencia de la subrasante dependerá de nuestra variable independiente que es la zeolita, en este caso depende de la dosificación en porcentajes en el suelo de la subrasante.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Arias, (2012). "Es un grupo finito o infinito de compendios, que tienen similitudes y las conclusiones de la indagación serán amplias. La población está determinada

por la pregunta y ciertos objetivos de la investigación”, en la investigación la población está compuesta por el material que conforma la carretera Ilo-Algarrobal.

Muestra:

Borja (2012), “Es un subgrupo el cual simboliza la población de la que se procede a recopilar datos”. En la presente investigación, la muestra estará conseguida del tramo comprendido en el Km 1+760 al Km 2+760 de la carretera Ilo-Algarrobal. Este tramo fue seleccionado debido a su cercanía al centro poblado de El Algarrobal y a su vez según los estudios de suelos nos presentan altas concentraciones en limos.

Muestreo:

Ramírez, (2009). “Muestreo probabilístico, se utiliza la aleatoriedad para determinar la muestra a tomar”. En la presente investigación el muestreo fue del tipo probabilístico, se empleará el muestreo por conveniencia a criterio del investigador y adquirir muestras representativas.

Unidad de análisis:

Arias (2012), “Se describe al primordial parámetro investigado en el proyecto a investigar”. En el marco de esta investigación, se centra en el análisis detallado de las propiedades fundamentales del suelo que conforma la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, así como en el estudio de las propiedades de las zeolitas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Son las respectivas instrucciones que se utilizan para llegar a un resultado en específico, estas tienen el objetivo de resolver ciertas necesidades de los que la aplican. En este caso se realizarán técnicas de observación para el estudio de datos en el laboratorio.

Técnicas de recolección de datos:

Estos vendrían a ser instrumentos con los cuales podemos realizar mediciones precisas. En nuestra investigación haremos uso de instrumentos del laboratorio de

suelos con el cual analizaremos las muestras de las calicatas y la dosificación de la zeolita, además de equipos y/o programas de computación para el proceso de datos.

Validez:

Se hace referencia al nivel en el que un material o instrumento es capaz de calcular la variable que se pretende medir. En este estudio, la validación de contenido se basará en la evaluación y confirmación por parte de profesionales experimentados, quienes respaldarán y afirmarán la validez de los datos.

Confiabilidad de los instrumentos.

Es la recopilación de datos que describe en qué medida el instrumento produce resultados coherentes y similares al ser utilizado en diferentes estudios. En el marco de esta investigación, la confiabilidad se establecerá a través del certificado de calibración de los equipos de laboratorio utilizados en las pruebas, el cual será avalado por expertos calificados que contribuirá a asegurar la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos a lo largo del estudio.

3.5. Procedimientos:

Reconocimiento del tramo

El tramo de estudio que se eligió investigar es en la carretera Ilo - Algarrobal la cual tiene 18 Km de longitud ubicado en la provincia de Ilo, departamento de Moquegua. Para el proceso de la muestra se empezó con el reconocimiento de la zona a estudiar, seleccionando el tramo adecuado en estudio, siendo este el tramo de estudio del Km 1+760 al Km 2+760 a continuación, se muestra los planos de ubicación y fotografías del reconocimiento del terreno.

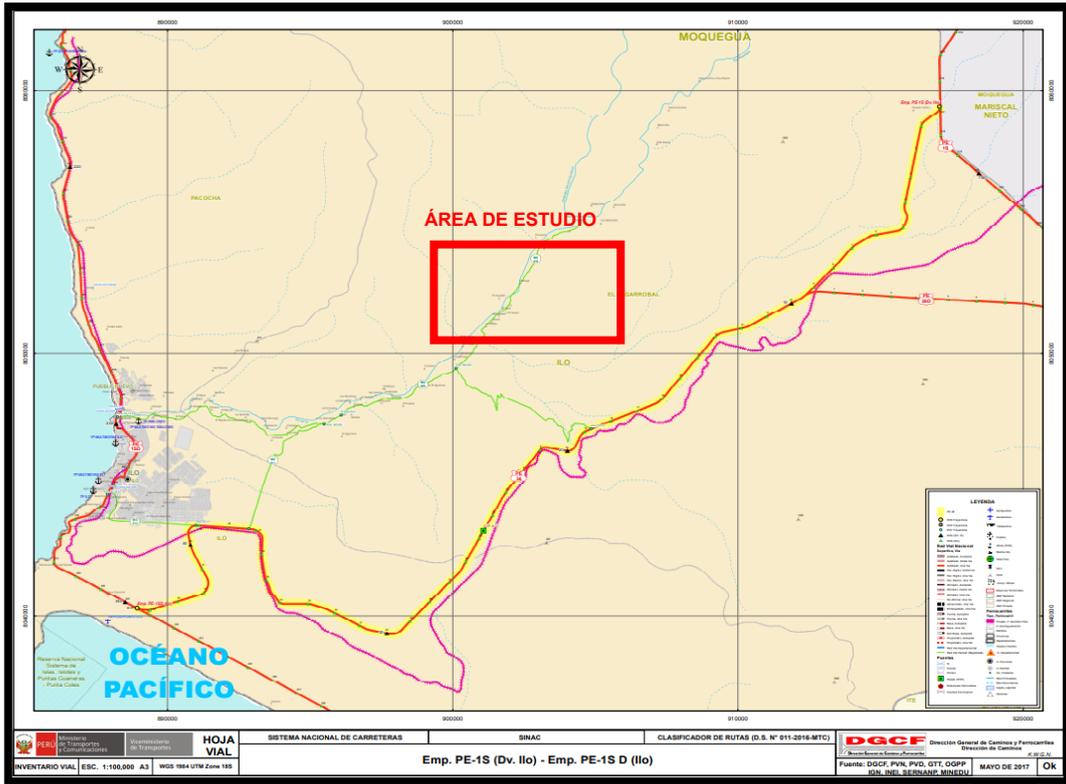


Figura 6. Mapa vial de Ilo.

Fuente. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.(12)

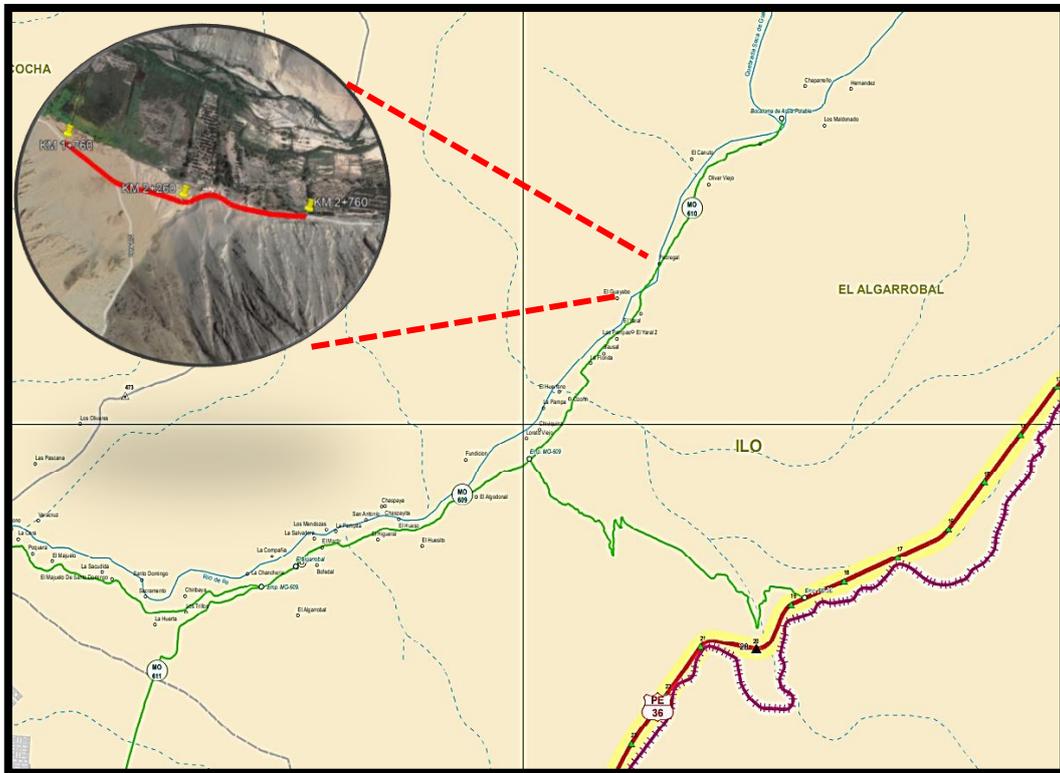


Figura 7. Mapa vial del distrito del Algarrobal.

Fuente. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (12)

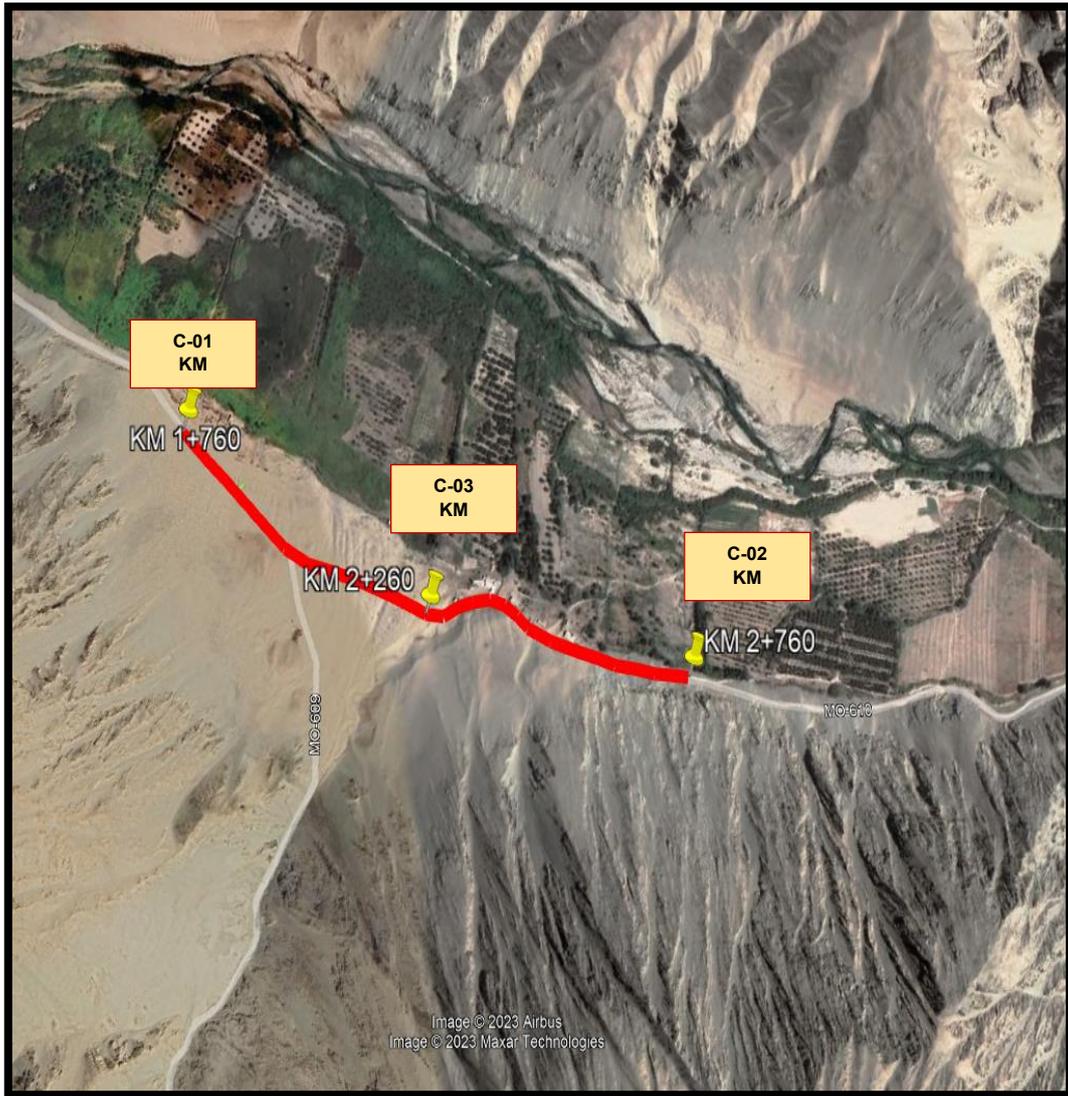


Figura 8. Tramo en estudio de la carretera Ilo-Algarrobal.

Fuente. Elaboración propia.

Recolección de datos

Obtención de muestras

Para la obtención de muestras representativas, se extraerán del suelo de subrasante que conforma la carretera Ilo-Algarrobal, luego del reconocimiento del lugar y las zonas para el estudio más adecuadas, se procede a realizar las calicatas mediante excavaciones de una profundidad de 1.50 metros cada una, con medidas de 2 x 2 metros de ancho, la calicata N° 01 en la progresiva Km 1+760, calicata N°02 Km. 2+260 y la calicata N°03 en el Km 2+760.



Figura 9. Reconocimiento del tramo en estudio, carretera Ilo-Algarrobal.



Figura 10. Toma de muestra del suelo (Cálicata N°01) Km 1+760

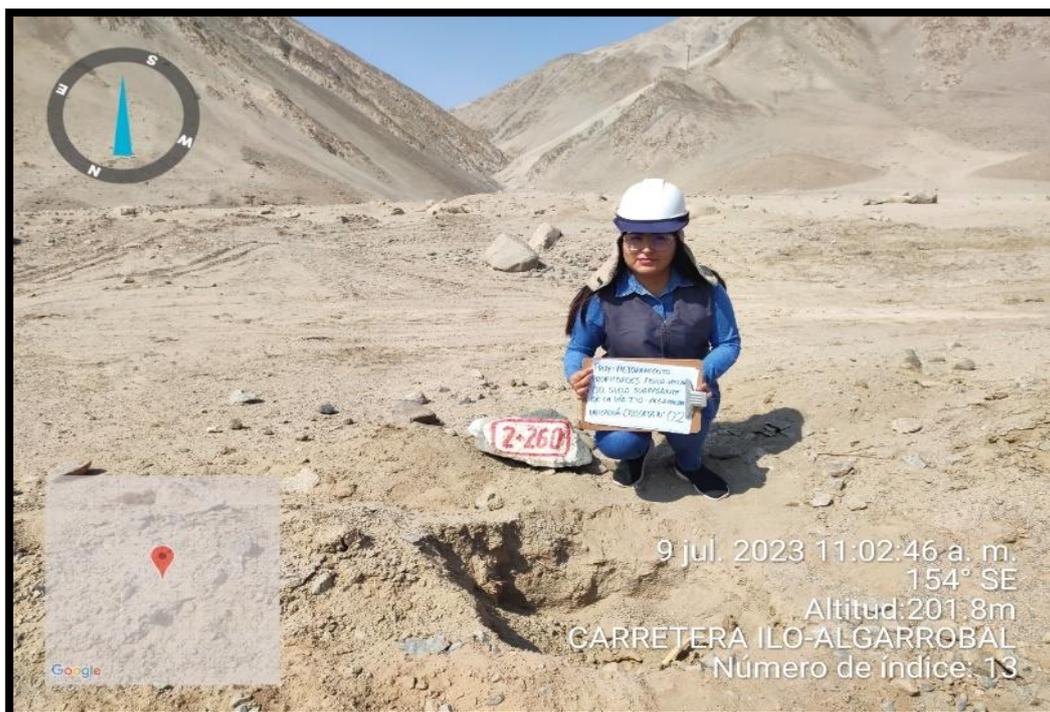


Figura 11. Toma de muestra del suelo (Calicata N°02) Km 2+260.



Figura 12. Toma de muestra del suelo (Calicata N°03) Km 2+760.

El **muestreo** de suelos se realizó según los lineamientos de la norma **ASTM D 420**, luego de la perforación o calicata se procede a tomar la muestra y colocarla dentro de una bolsa hermética para evitar pérdidas de la humedad natural, identificando cada muestra con la calicata perteneciente, finalmente se llevan las muestras de

suelo de tres calicatas para los respectivos ensayos de laboratorio según la clasificación física y mecánica.



Figura 13. Obtención de muestras representativas.



Figura 14. Muestras representativas del suelo de subrasante.

Cuarteo de la muestra representativa según la **NTP 339.089**, la muestra se puso en una superficie en forma de cono, para luego aplanarla y dividirlo en cuatro partes iguales, luego procedemos a descartar las dos cuartas partes que se oponen en diagonal, finalmente tomamos las dos cuartas partes que quedan como la muestra final.



Figura 15. Cuarteo de muestras representativas.

Obtención de zeolitas naturales, el aditivo Zeolita natural fue extraída del centro poblado de Llungo, provincia de Puno, ubicado en la región Puno, se obtuvo una muestra representativa para realizar las dosificaciones necesarias en nuestro proyecto.

Caracterización de los materiales

Análisis granulométrico (ASTM D 422)

Este análisis de laboratorio se adhiere a las pautas establecidas por la norma ASTM D 422. La secuencia de procedimientos se inicia con el secado natural de la muestra a lo largo de un periodo de veinticuatro horas. Acto seguido, la muestra se divide en cuatro porciones homogéneas, y el material recopilado se pesa meticulosamente y se coloca en recipientes designados. Se lleva a un proceso de tamizado para

separar la fracción en el tamiz N°4 y N.º 200 los finos. Como medida preventiva contra la pérdida de material fino, se procede a realizar un lavado exhaustivo de las muestras. Los instrumentos y materiales utilizados en este procedimiento incluyen balanzas de precisión, tamices de malla cuadrada y recipientes especializados.



Figura 16. Granulometría realizados en el laboratorio.

Límites de Consistencia (ASTM D 4318, MTC E-110-111)

Limite líquido, este ensayo de laboratorio sigue los lineamientos de la norma ASTM D 4318, AASHTO T-89 el procedimiento se inicia con la medición de la plasticidad del suelo natural, se escoge 300 gr del terreno a estudiar para establecer el Limite Líquido, preliminarmente se homogeneizó las tres muestras de las calicatas posteriormente, la mezcla obtenida fue colocada dentro de la copa de Casagrande. Se empleó un acanalador para dividir la muestra en dos porciones equivalentes, observando el momento en que la grieta tiende a cerrarse, según las indicaciones del FLNV de 2003. Se usaron los siguientes materiales: acanalador, recipientes, balanzas, espátula y copa de Casagrande.

Limite Plástico, este ensayo de laboratorio sigue los lineamientos de la Norma ASTM D 4318, AASHTO T-90, del material precedentemente dispuesto para el límite líquido, se toma muestras de 25 gr se procede a realizar pequeños rollos de barro de unos 3.2mm de diámetro sobre una placa de vidrio, hasta que se cuartee transversalmente los rollos. Al término de este proceso, el material remanente es depositado en recipientes de dimensiones reducidas, posteriormente, se lleva a cabo la medición del peso de dichos recipientes con el objetivo de calcular el porcentaje de humedad presente en la muestra. Este procedimiento se realiza con el propósito de determinar con precisión la cantidad de humedad contenida en la muestra, contribuyendo así a una evaluación exhaustiva de sus propiedades y así poder obtener la óptima de humedad a ser utilizada. Se utilizó: espátula, recipientes, balanza, horno, tamices, agua destilada, vidrio grueso para la superficie de rodadura.



Figura 17. Ensayos de Límites de consistencia realizados en el laboratorio.

Proctor Modificado ASTM D 1557

Este ensayo de laboratorio sigue los lineamientos de la norma ASTM D 1557 con este ensayo se podrá calcular el grado de compresión del suelo de la subrasante, se inicia con tomar una porción del material y pesarlos, se colocó los agregados en un recipiente y se agregaron agua variando un 2% a la muestra, para su posterior homogeneización con la ayuda de un badilejo y se depuso durante veinticuatro horas, mezcladas las muestras se fraccionaron en cinco partes iguales dentro del molde y se espesaron con veinticinco golpes, se extrajo el aro superior y se niveló utilizando varillas metálicas, seguido de la pesada y extracción de una porción del material para determinar la cantidad adecuada de humedad en el proceso de dosificación. Finalmente, con una brocha limpiamos el molde de posibles partículas que pueda quedar en el exterior y pesar el molde con la muestra compactada, extraemos una fracción de muestra de suelo compactado, colocando en un receptáculo para luego pesarlo, secarlo y volverlo a pesar obteniendo el contenido de humedad. Equipos y materiales utilizados: ensamblaje del molde, balanza, molde de 6 y 4 pulgadas, martillo, horno de secado, regla.



Figura 18. Ensayo de Proctor modificado realizados en el laboratorio.

California Bearing Ratio (ASTM D 1883-73)

Este análisis de laboratorio sigue las directrices establecidas por la norma ASTM D 1883-73 y se centra en la estimación de la resistencia potencial del suelo de subrasante. La muestra fue preparada mediante una versión modificada de la prueba Proctor, utilizada para determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima del suelo. A continuación, se añadió agua al molde CBR de la muestra de suelo, se compactó en tres capas, y se aplicaron 10, 25 o 56 golpes a cada capa del molde. Después de dejar caer la muestra libremente desde una altura específica, se separó y dobló boca abajo, sin recurrir a procedimientos quirúrgicos ni a la utilización de discos espaciadores. Luego se sumergió el molde en agua durante al menos 4 días, sacamos la muestra del agua y finalmente usamos la prensa CBR para cargar el pistón de permeabilidad y leer la curva de presión de permeabilidad. Equipos y materiales utilizados: Molde de metal cilíndrico, prensa circular, medidor de expansión, presas, pistón de penetración metálico, balanza, tamices.



Figura 19. Ensayo de CBR realizados en el laboratorio.

Caracterización de la zeolita

La zeolita natural se define como un mineral que forma parte de los aluminosilicatos cristalinos microporosos, destacando por su capacidad de hidratarse y deshidratarse. Está compuesta por tetraedros que consisten en un catión y cuatro átomos de oxígeno. En el contexto peruano, encontramos tanto zeolita natural como sintética. Las zeolitas naturales se muestran en forma de rocas, mientras que las sintéticas se presentan como tamices moleculares en polvo o pasta. Para llevar a cabo la investigación, se optará por utilizar zeolitas naturales, las cuales fueron obtenidas de la cantera que está ubicada en el centro poblado de Llungo, provincia de Puno, así como del yacimiento de Ocuwiri. Las zeolitas naturales semi trituradas fueron transportadas al laboratorio, donde se sometieron a un proceso de trituración y posterior dosificación en la muestra de suelo proveniente de la carretera Ilo-Algarrobal.



Figura 20. Zeolitas naturales y sintéticas.

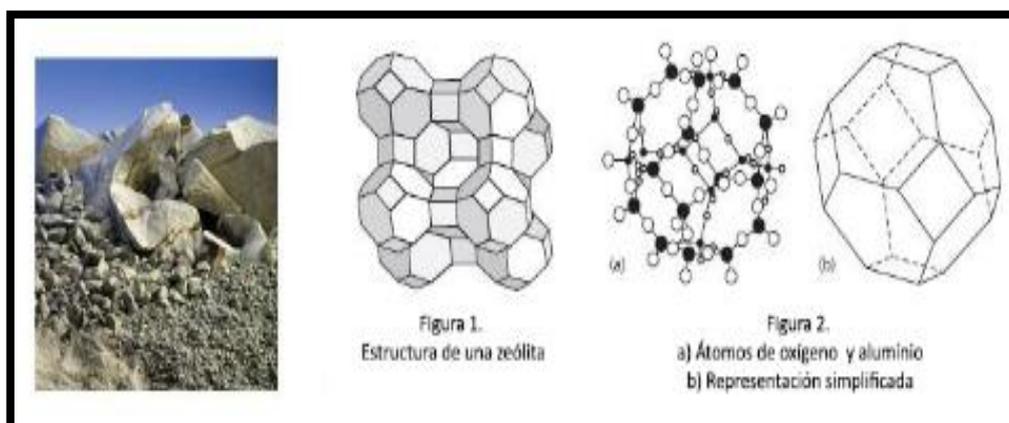


Figura 21. Estructura de la zeolita natural.

Fuente. Zeogroup.

Dosificación de zeolitas en la muestra

Análisis granulométrico de suelo por tamizado (ASTM D 422)

En la presente investigación de laboratorio se realizará bajo el ASTM D 422 y se enfoca en el análisis granulométrico del suelo mediante el tamizado. El proceso involucra el tamizado manual de la muestra, ajustándose a los tamaños específicos de los tamices. Este procedimiento permite determinar con precisión el peso de cada fracción, mediante el uso de una balanza, con el objetivo de analizar detalladamente la repartición de los volúmenes de partículas presentes en la muestra.

Tabla 1. Abertura de tamices

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 ½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.900
3/8"	9.500

Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Ensayo de análisis granulométrico.

Límites de Consistencia

Limite líquido (ASTM D-4318, AASHTO T-89), este análisis se realizó en el laboratorio rigurosamente alineado con las normativas, se basa en la metodología de Casagrande. La secuencia empezó con la preparación de una muestra seca obtenida de la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, enriquecida con zeolita natural en porcentajes graduales de 5%, 10%, y 15%. Después de pasar por el tamiz N° 40, se obtuvo una muestra de aproximadamente 250 gramos. La muestra se humedece y mezcla hasta lograr una consistencia uniforme y pegajosa. Este compuesto se deposita en el medio de la copa, y mediante el uso del gotero, se genera una abertura que divide la masa en dos secciones. Al girar la empuñadura y administrar los golpes requeridos, se mide la cantidad de impactos al cerrar dicha abertura. Posteriormente, se toma una muestra del centro de la masa con el fin de determinar el contenido de humedad. Este proceso se replica para cada adición de zeolita natural. Los equipos empleados abarcan el Aparato del límite líquido (Casagrande), taras, espátulas, acanalador, balanza, recipientes y agua destilada de alta pureza. Este enfoque detallado y sistemático busca proporcionar una evaluación precisa y completa de las propiedades del suelo en estudio.

Limite plástico (ASTM D-4318, AASHTO T-90), este ensayo de laboratorio, se realizó según las pautas establecidas por las normas, se llevó a cabo mediante el método de Casagrande. Utilizamos muestras de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, con incorporación de zeolita natural en proporciones de 5%, 10% y 15%. A partir del material dispuesto previamente para el límite líquido, tomamos muestras de 20 gramos y, con la palma de la mano, enrollamos la masa con presión sobre una placa de vidrio. Este proceso tiene como objetivo reducir la humedad sin que se adhiera a las manos, formando hilos de diámetro uniforme a lo largo. En cada movimiento, el hilo se adelgaza hasta alcanzar un diámetro de 3.2 mm, lo cual toma no más de 2 minutos. Se pesa la muestra una vez que comienza a cuartearse para establecer su contenido de humedad. Entre los equipos y materiales empleados se encuentran espátulas, recipientes, balanzas, horno, tamices, agua destilada y vidrio grueso para la superficie de rodadura. Este proceso meticuloso y detallado, alineado con estándares internacionales, tiene como objetivo obtener datos

precisos sobre la composición del suelo y su comportamiento frente a diferentes adiciones de zeolita natural.

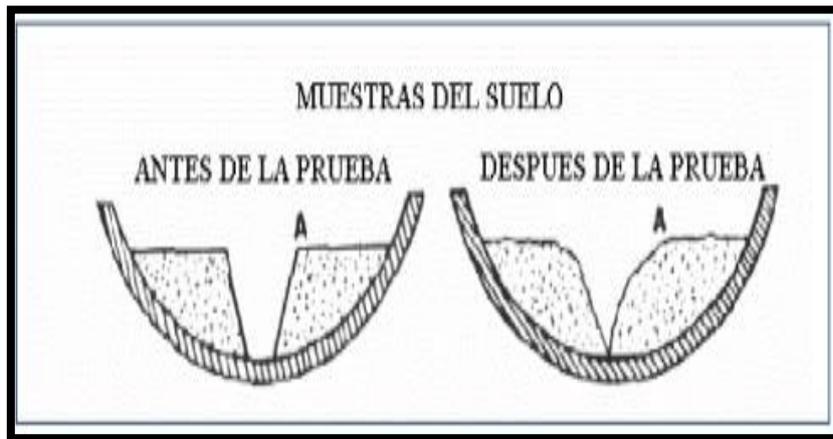


Figura 23. Muestra de suelo por el método de Casagrande.

Fuente. MTC Manual de Ensayo de Laboratorio. (23 pág. 69)



Figura 24. Ensayo de Limite plástico.

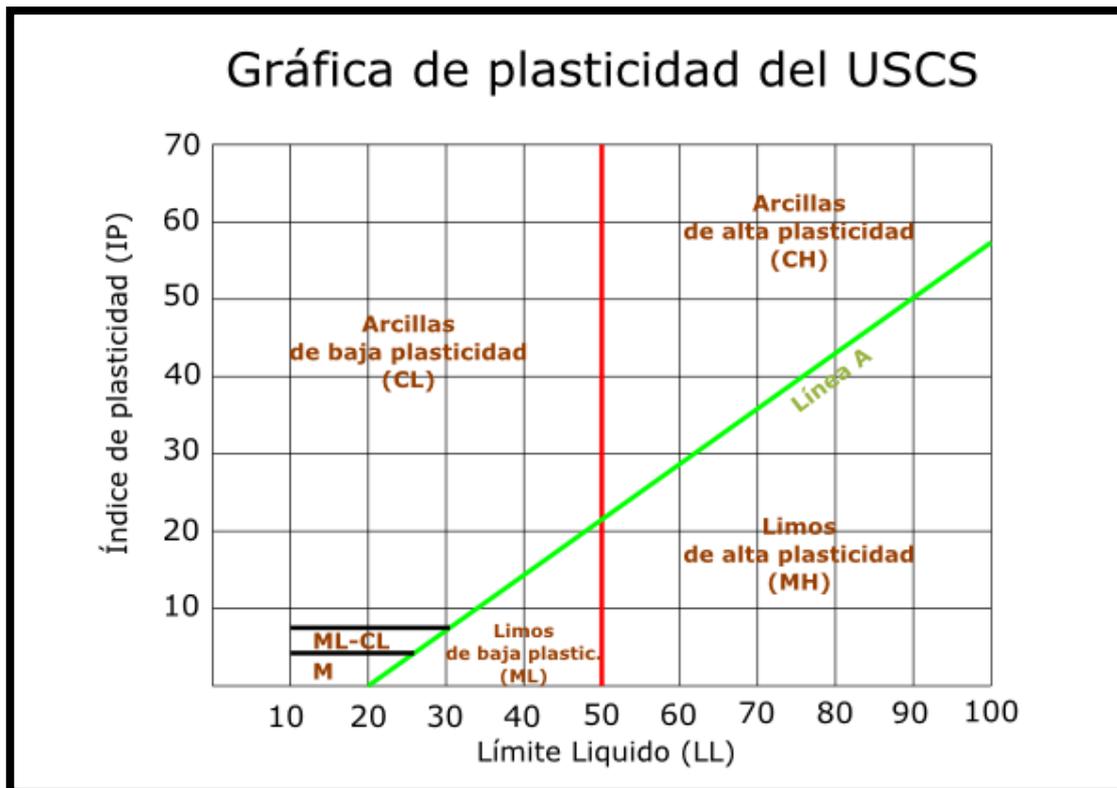


Figura 25. Clasificación de materiales en función de los Límites de Atterberg.

Fuente. Usuario Nacle2 (Wikipedia).

Proctor Modificado (ASTM D1557)

Este experimento de laboratorio se ajusta a las normativas especificadas por la norma ASTM D1557, que busca evaluar la relación entre la cantidad de agua presente y la densidad seca por unidad de peso en los suelos. Optamos por el procedimiento de preparación húmeda para llevar a cabo este análisis detallado. La secuencia de procedimientos inicia con el pesaje de la muestra de suelo, incorporando un 5%, 10% y 15% de zeolita natural a través del tamiz de $\frac{3}{4}$ ". Posteriormente, se procede al pesaje del molde, previamente forrado con papel para impedir que la muestra se fije a la base, facilitando así el desarrollo del ensayo. El collarín del molde también se asegura con tornillos para garantizar su fijeza, la muestra se coloca en la bandeja, en la que se añade un porcentaje variable de agua, variando en un 2% para cada muestra. Se lleva a cabo la mezcla con un badilejo, obteniendo así una mezcla homogeneizada que se divide en cinco porciones iguales. Dichas porciones se distribuyen uniformemente dentro del molde y, para cada capa de muestra, se utilizó los pasos de compactación con el martillo

mediante cincuenta y seis golpes por capa. Al finalizar se retira el collarín y se nivela el suelo compactado en el molde, relleno cualquier hueco que atraviese la malla N° 04. Para concluir, se limpia el molde con una brocha para eliminar posibles partículas externas y se pesa el molde ya con la compactación de la muestra. Luego, se extrae una fracción de muestra del suelo compactado, se coloca en un recipiente, se pesa, previamente seca y se vuelve a pesar para obtener el contenido de humedad. Este proceso se repite para cada muestra con las adiciones en porcentaje de zeolita natural, ajustando la cantidad de agua añadida en un 2%. Los equipos y/o materiales utilizados en este experimento incluyen el ensamblaje del molde de 4 y 6 pulgadas, balanzas, horno de secado, martillo y regla.



Figura 26. Ensayo de Proctor modificado con la dosificación de zeolitas.



Figura 27. Proceso de compactación - Proctor Modificado.

California Bearing Ratio (ASTM 1883-73)

Este ensayo de laboratorio sigue los lineamientos de la norma ASTM 1883-73. Para evaluar la resistividad potencial de la subrasante, se agregó 5%, 10% y 15% de zeolita natural durante la elaboración de la muestra, tanto la determinación del contenido de humedad ideal como la densidad máxima se realizaron a través de la ejecución del ensayo Proctor modificado, después se introdujo agua en la muestra de suelo con el propósito de alcanzar el nivel de humedad óptimo y luego se dispuso la muestra en tres moldes CBR estandarizados para llevar a cabo el proceso de compactación. Cada molde comprime la muestra en 3 capas, con energía de compresión de 10, 25 o 56 por molde. Las capas se soplaron usando una masa de caída libre de 2,5 kg, luego se separaron y ensamblaron boca abajo sin espaciadores, con papel de filtro entre los moldes. y el fondo y pesaje. Luego se sumerge el molde en agua, se colocan la placa perforada y el vástago de la válvula y se calcula el peso necesario para la sobrecarga de cuatro días. Sacamos las muestras del agua, las escurrimos y las secamos al aire libre. Finalmente, utilizando

una prensa CBR, se aplica una carga al pistón de permeación y se lee la curva de presión de permeación. Equipos y materiales utilizados: Molde de metal cilíndrico, prensa circular, pistón de compactación (equipo modificado), aparato medidor de expansión, presas, pistón metálico, estufa, tanque, balanzas y tamices.

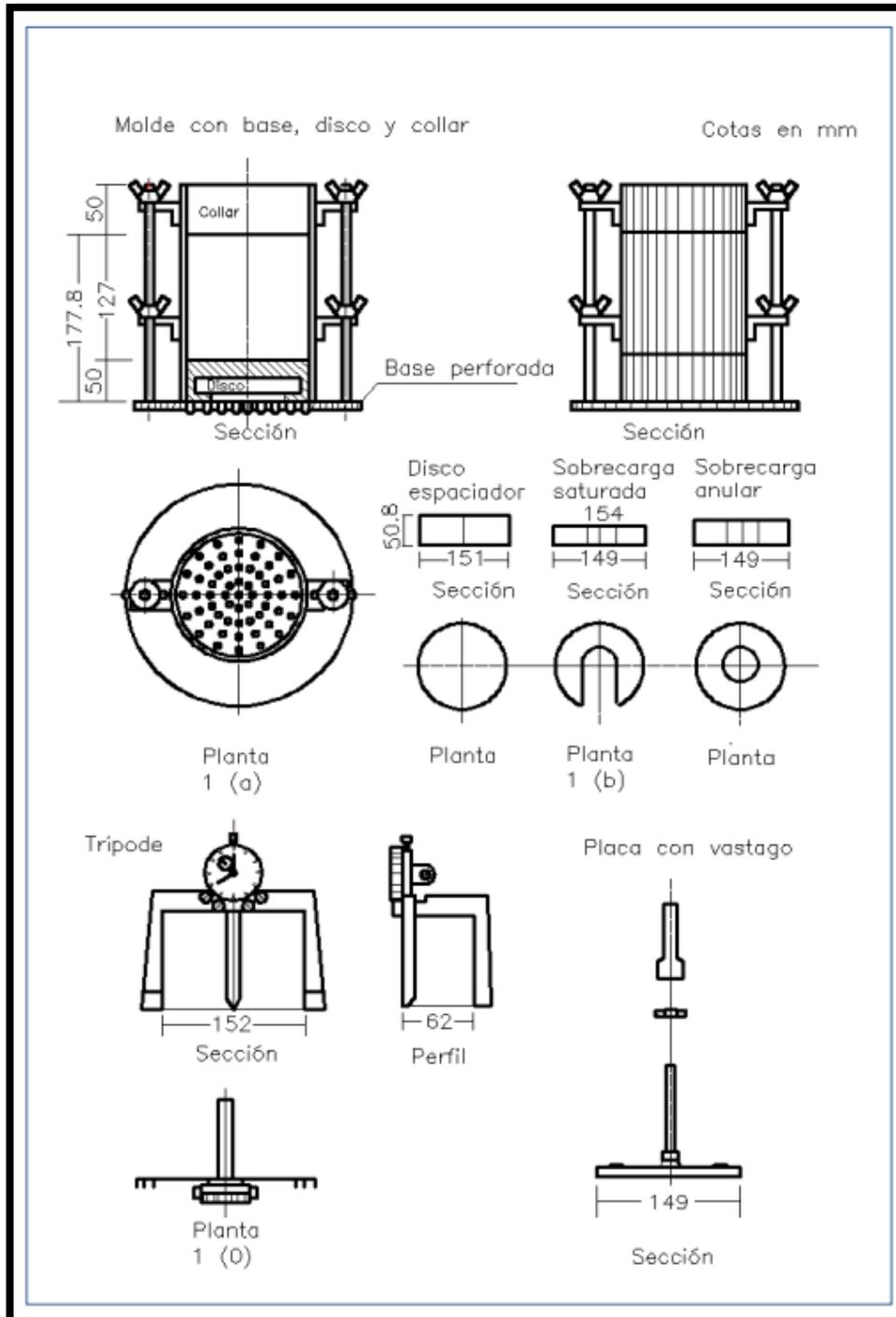


Figura 28. Equipo y materiales de CBR.

Fuente. Manual de Ensayo del MTC. (23)



Figura 29. Prensa de CBR.

Diseño de espesor para la estabilización

Con el propósito de diseñar el espesor adecuado mediante la estabilización con zeolitas naturales, de acuerdo con los parámetros establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras (donde se especifica que el CBR debe ser $\geq 6\%$), se calculará el grosor apropiado para el suelo de la subrasante estabilizado con zeolitas naturales. Este cálculo se realizará utilizando la fórmula indicada, y se determinará el espesor ponderado teniendo en cuenta el valor del CBR.

$$CBR_p = \frac{D_{s1}^3 CBR_1 + D_{s2}^3 CBR_2}{(D_{s1})^3 + (D_{s2})^3}$$

DONDE:

CBR_p = CBR ponderado

D_{s1} = Espesor de Suelo Estabilizado

D_{s2} = Espesor de Terreno Natural

CBR₁ = CBR de Suelo Estabilizado

CBR₂ = CBR de Terreno Natural

Figura 30. Formula del CBR equivalente.

3.6. Método de análisis de datos:

En la sección del método de análisis, se detallan los datos y las operaciones llevadas a cabo con la investigación derivada de los ensayos y estudios de laboratorio. Una vez obtenidos los resultados del laboratorio, se emplean tablas y gráficos estadísticos en relación con la variable independiente. En el marco de esta investigación, se llevarán a cabo ensayos que abarcan límites de consistencia, C.B.R, proctor modificado y espesor de estabilización. En este proceso, se analizarán muestras que han sido modificadas con diferentes porcentajes de zeolitas, comparándolas con las muestras originales, con el objetivo de extraer conclusiones significativas.

3.7. Aspectos éticos:

El presente trabajo de investigación fue desarrollado con total autenticidad, el cual estará basada en los procedimientos de ensayos, autenticidad en los resultados y análisis del laboratorio de acuerdo a las normas del ASTM y MTC, de igual modo tendrá la congruencia, fiabilidad según la ISO (Organización Internacional de Normalización) 690, códigos éticos de la Universidad Cesar Vallejo, el uso del software Turnitin que ampara la originalidad, plenitud y transparencia del proyecto.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

Esta investigación se sitúa en la carretera Ilo-Algarrobal, específicamente en el distrito del Algarrobal, perteneciente a la provincia de Ilo, ubicada en el departamento de Moquegua, en la región sur del Perú. La figura siguiente ilustra el mapa que indica la posición geográfica del área de estudio.

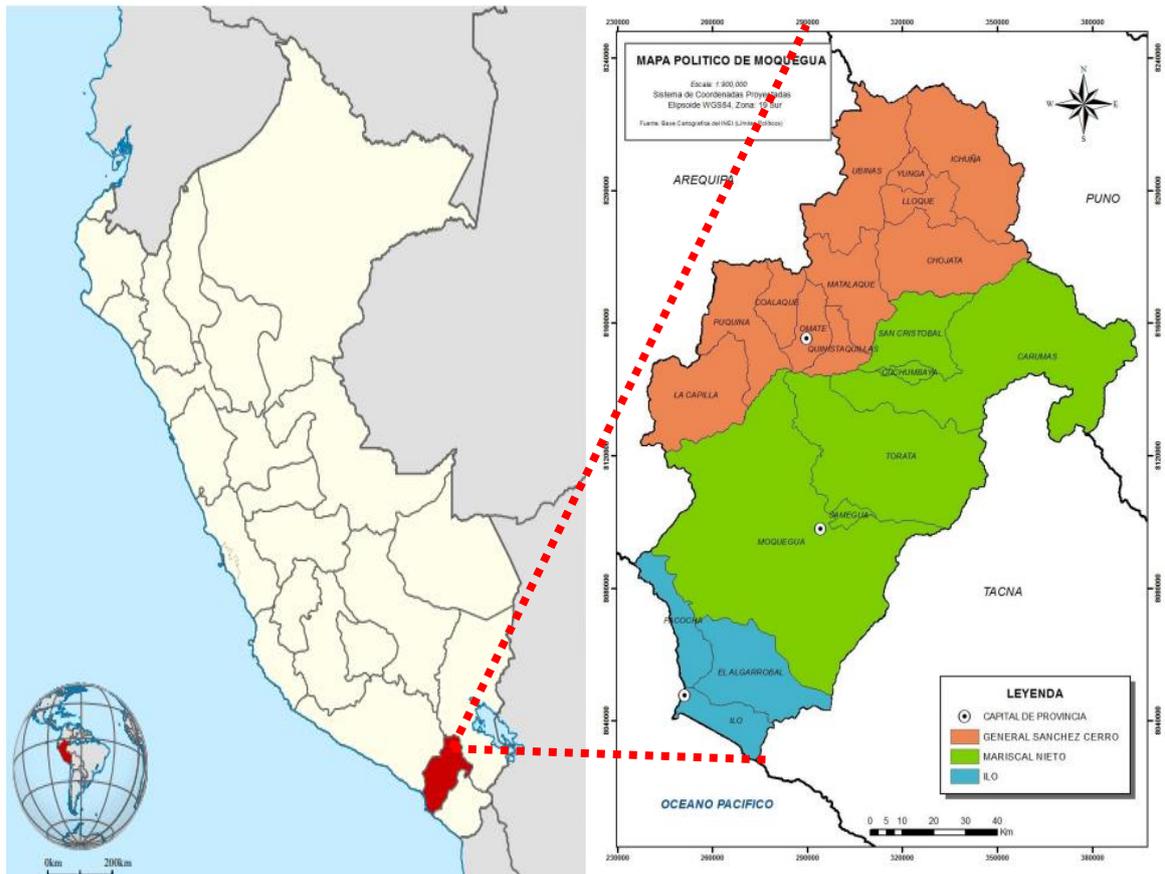


Figura 31. Mapa político de Moquegua.

Fuente. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Ubicación del proyecto

El lugar de estudio es en la carretera Ilo-Algarrobal, ubicada en la zona sur este en el distrito de Pacocha, provincia de Ilo, del departamento de Moquegua, en la siguiente figura se muestra el mapa de la ubicación del proyecto.

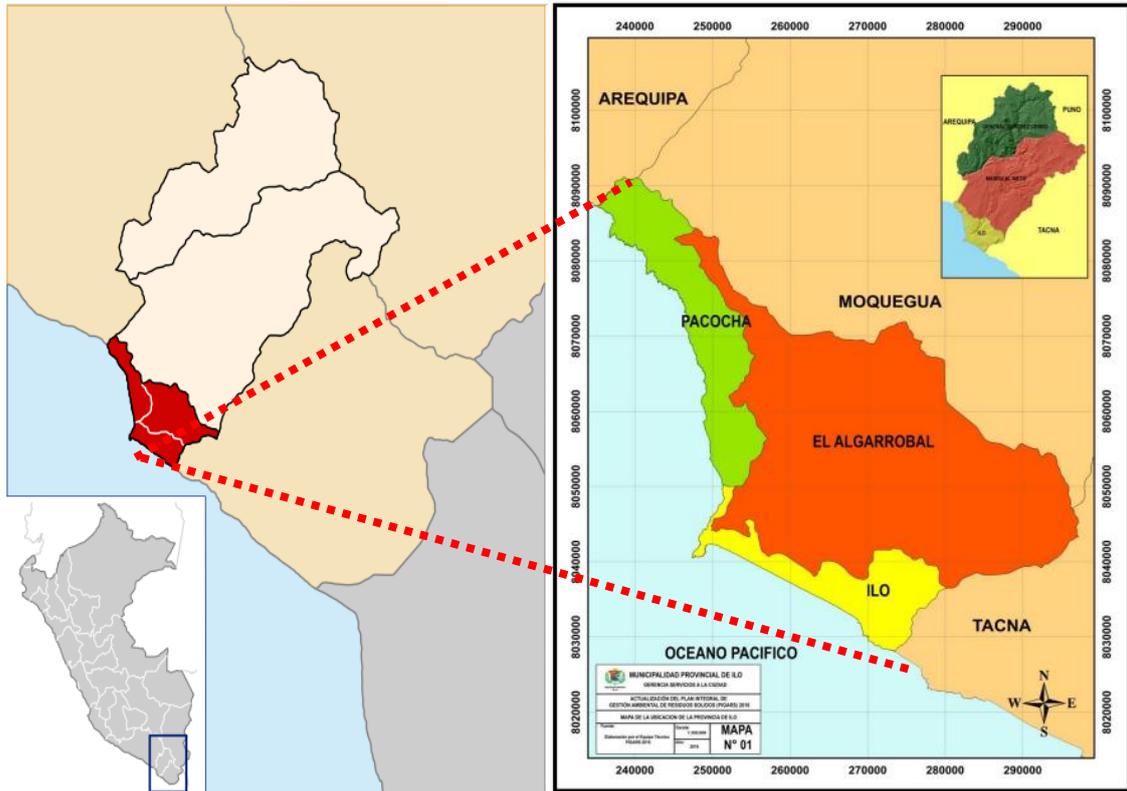


Figura 32. Mapa de los distritos de Ilo.
Fuente. Equipo técnico PIGARS 2016.



Figura 33. Mapa de la ubicación del distrito de Algarrobal.
Fuente. Municipalidad distrital de Algarrobal.

Limites

- Norte : La provincia de Mariscal Nieto (Moquegua).
Sur : El distrito de Ilo.
Este : La provincia de Mariscal Nieto y Jorge Basadre (Tacna).
Oeste : El distrito de Pacocha.

Ubicación geográfica

El distrito de Ilo-Algarrobal presenta las coordenadas geográficas: Latitud Sur S17°, 37', 22" y longitud Oeste 71°, 16', 13", teniendo una extensión cercana a los 747 km² y ubicado a una altitud de aproximadamente 92 metros sobre el nivel del mar, según la información del INEI hasta el año 2017, la población registrada era de 329 habitantes.

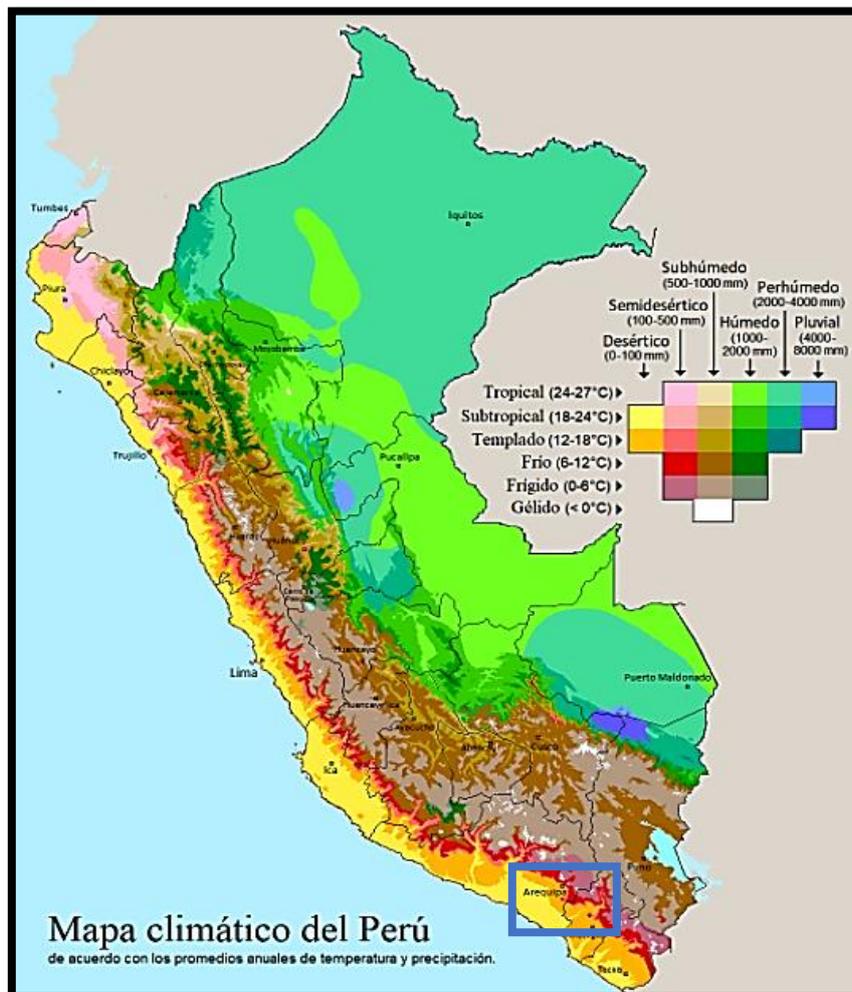


Figura 34. Mapa climático del Perú.
Fuente. Mauricio Lucioni (Wikipedia).

Clima

El clima que tiene la provincia de Ilo es árido y cálido, en la temporada de verano son acalorados y los inviernos son frescos con poca presencia de precipitaciones. La temperatura alcanza su punto más alto en febrero con 30.7°C, por otro lado, la temperatura más baja se registra en julio, alcanzando los 12.5°C. Las precipitaciones son moderadas, pero su intensidad aumenta notablemente en septiembre.

Objetivo específico N°01: Reducir el Índice de Plasticidad de los suelos de subrasante con dosificaciones de zeolita natural. La muestra de suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal según los ensayos de Límites de Consistencia tuvo un Índice de Plasticidad (IP) de 14.75 sin adición, al dosificar 5%, 10% y 15% de zeolita natural y añadir a la muestra se obtuvo valores de 10.21, 8.88 y 6.11 de IP, la disminución del IP se debe al agente estabilizador químico de la zeolita ya que es un mineral aluminosilicato microporoso que está compuesto por óxido de aluminio (Al_2O_3) y dióxido de silicio (SiO_2).



Figura 35. Dosificación de zeolitas para los ensayos de Límites de Consistencia.



Figura 36. Ensayos de límites de Consistencia.

Tabla 2. Resultado del Índice de Plasticidad - ensayo de Límites de Consistencia con dosificaciones de zeolita.

N°	MUESTRA DOSIFICADA	INDICE DE PLASTICIDAD %
1	Muestra Patrón (100.0%)	14.75
2	Muestra de suelo (95.0%) + Zeolita (5.0%)	10.21
3	Muestra de suelo (90.0%) + Zeolita (10.0%)	8.88
4	Muestra de suelo (85.0%) + Zeolita (15.0%)	6.11

Fuente. Elaboracion propia.

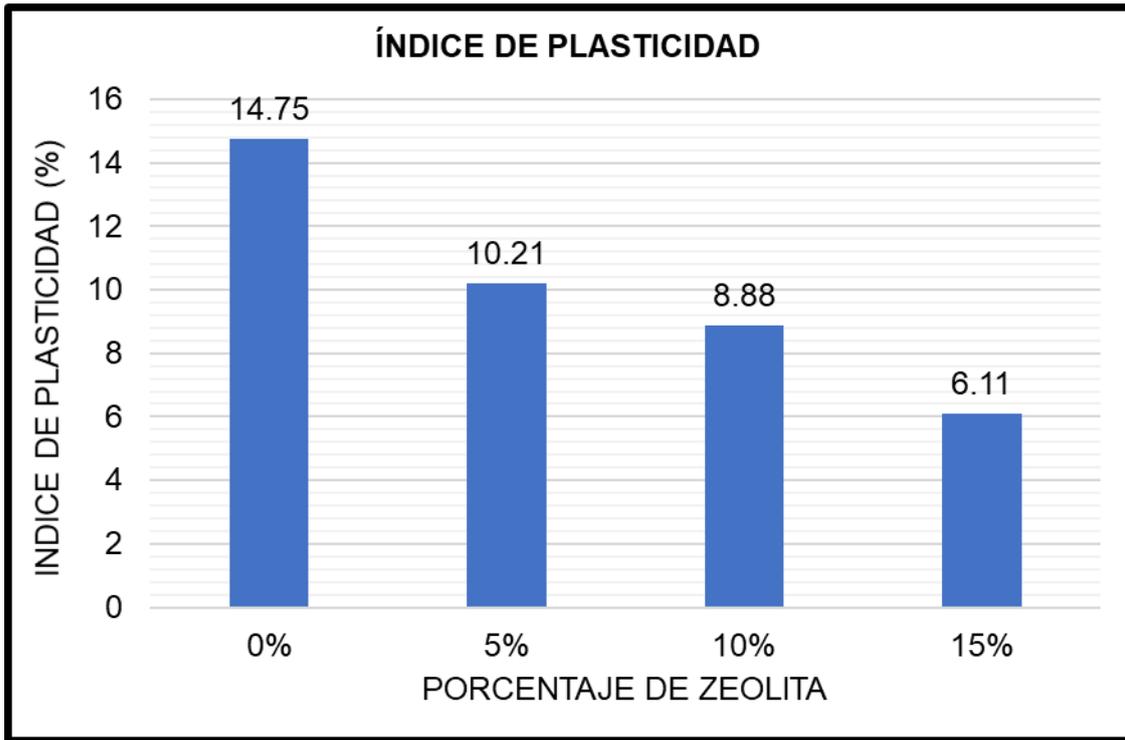


Figura 37. Gráfico de barra del Índice de Plasticidad con dosificaciones de zeolita.
Fuente. Elaboracion propia.

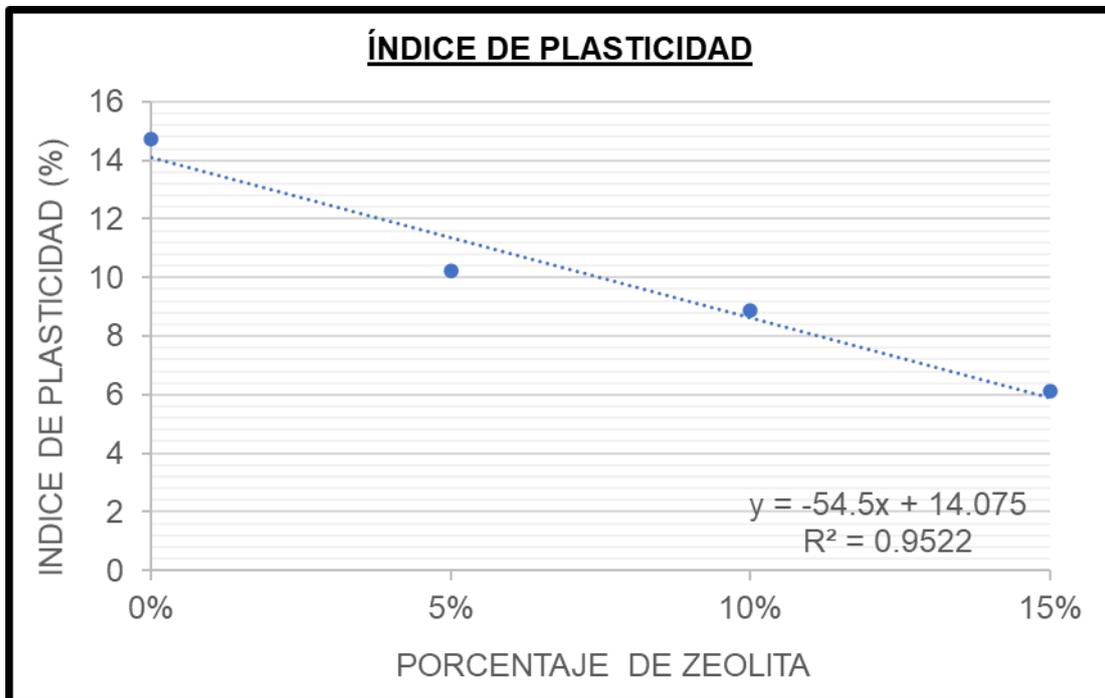


Figura 38. Gráfico de dispersion del Índice de Plasticidad con dosificaciones de zeolita natural.
Fuente. Elaboracion propia.

Según la tabla 2 y figuras 37 y 38, el Índice de Plasticidad para la muestra sin alteraciones de suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal muestra un valor de 14.75 %, con zeolita natural en dosificaciones de 5%, 10% y 15 %, se obtuvo índices de plasticidad de 10.21%, 8.88% y 6.11% respectivamente, la dosificación de la zeolita y el IP por lo que existe una conexión directa entre ellos, lo que significa que un incremento en la concentración de zeolita resulta en una reducción del Índice de Plasticidad.

Objetivo específico N°02: Elevar la capacidad de soporte de los suelos blandos de la subrasante dosificadas con zeolita natural. La muestra de la carretera Ilo-Algarrobal, de acuerdo a las deducciones de laboratorio mediante los ensayos de CBR muestran un incremento en su capacidad resistente, se debe a que la zeolita tiene la propiedad de resistencia mecánica, los resultados se muestran a continuación.



Figura 39. Moldes de CBR con incorporación de dosificaciones de zeolita.

Fuente. Propio.



Figura 40. Ensayo de CBR con dosificaciones de zeolita en un 5%, 10% y 15%.

Tabla 3. Resultados del ensayo de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.

N°	MUESTRA DOSIFICADA	TIPO	CBR (California Bearing Ratio)			
			CBR AL 95% D.S.M.		CBR AL 100% D.S.M.	
1	Muestra Patrón (100.0%)	Muestra A	5.68	%	7.60	%
2	Muestra de suelo (95.0%) + Zeolita (5.0%)	Muestra B	22.52	%	28.00	%
3	Muestra de suelo (90.0%) + Zeolita (10.0%)	Muestra C	40.00	%	42.00	%
4	Muestra de suelo (85.0%) + Zeolita (15.0%)	Muestra D	44.30	%	49.10	%

Fuente. Elaboracion propia.

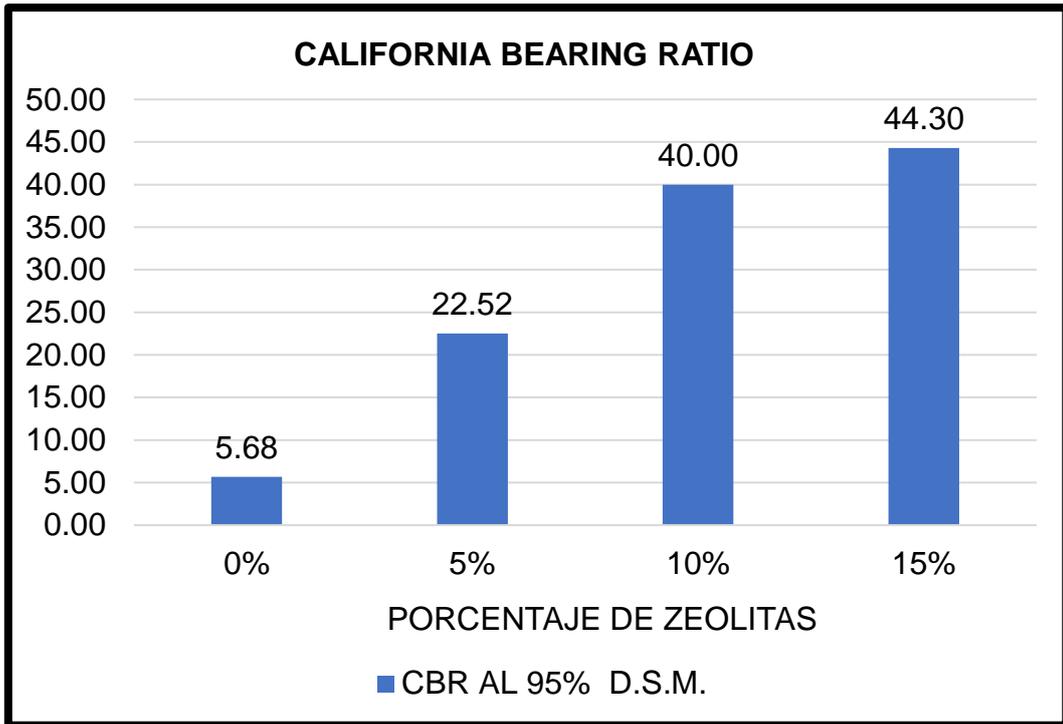


Figura 41. Gráfica de barras de los porcentajes de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.
Fuente. Elaboracion propia.

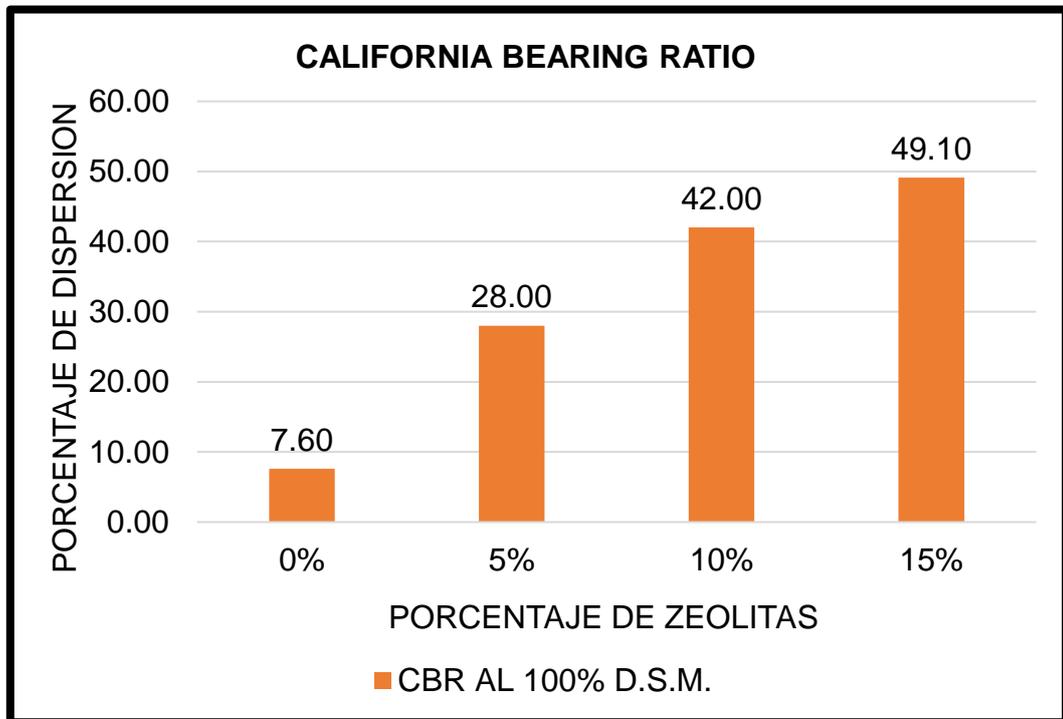


Figura 42. Gráfica de barras de los porcentajes de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.
Fuente. Elaboracion propia.

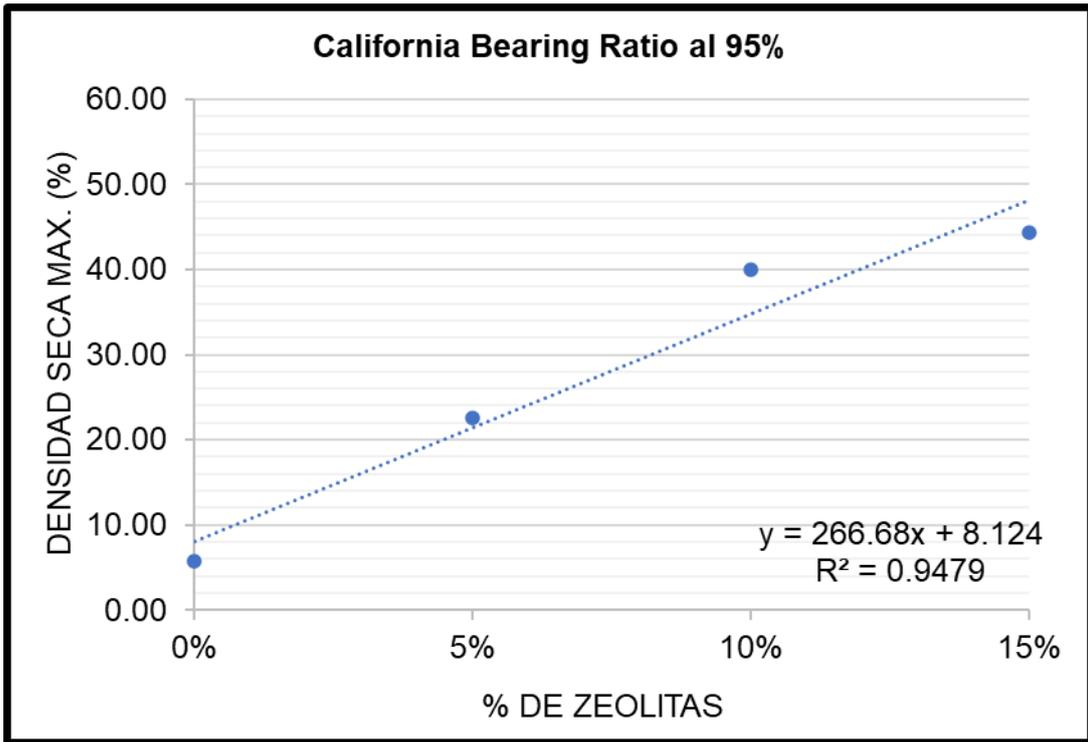


Figura 43. Gráfica de dispersión de los valores de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.
Fuente. Elaboracion propia.

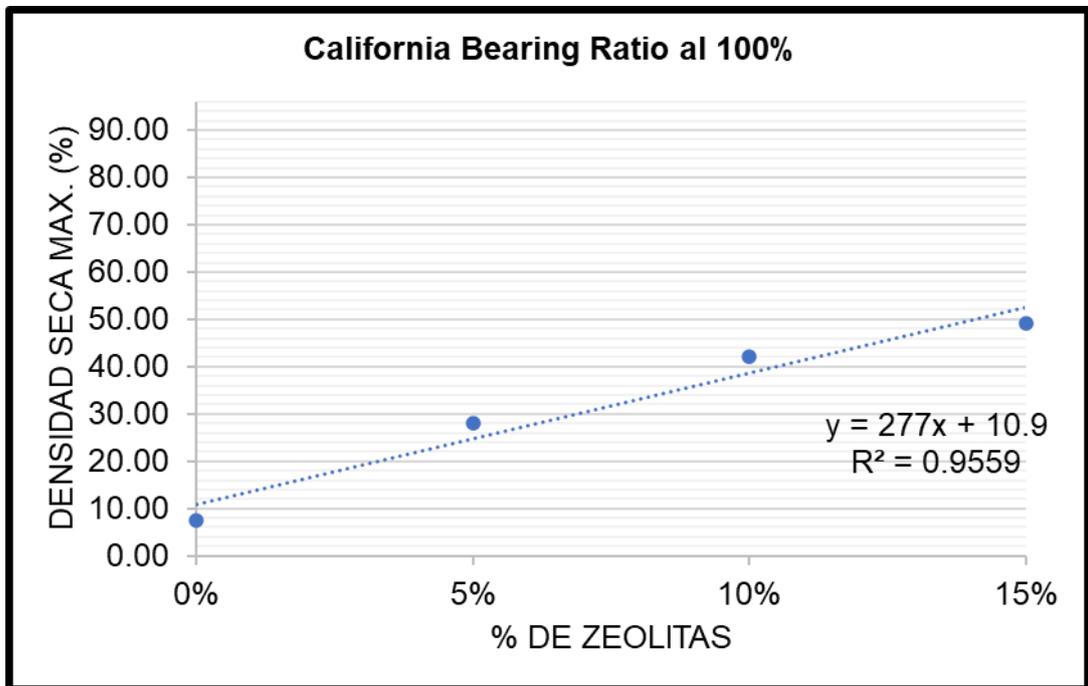


Figura 44. Gráfica de dispersión de los valores de CBR incorporando dosificaciones de zeolita.
Fuente. Elaboracion propia.

Según la tabla 3 y figuras 43 y 44 de acuerdo a los resultados logrados por el ensayo de CBR, donde el terreno natural sin adición es de 5.68 % y al adicionar 5% de zeolita natural incrementa en 22.52%, con la adición de 10% de zeolita natural incrementa a 40.00% y con 15% de zeolita natural incrementa a 44.30%.

Objetivo específico N°03: Diseñar el espesor de estabilización de suelos empleando Zeolitas según la norma del diseño de pavimentos (AASHTO). Según las pautas establecidas en el Manual de Carreteras, es necesario que el índice de soporte CBR de la capa de subrasante sea igual o superior al 6%. Esto se considera en la planificación del espesor de la subrasante, se implementó una automatización utilizando la fórmula del CBR equivalente, lo que resulta en valores superiores al 6%. En el diseño global, la altura total es de 1.50 m, ya que a esta profundidad se encuentran los esfuerzos generados por las cargas de tránsito en la carretera. En esta configuración, D1 representa la altura de la capa estabilizada con zeolita, mientras que D2 indica la altura del suelo natural.



Figura 45. Corte transversal de pavimento flexible o asfáltico

Fuente. Pavimentos-UTN

$$\text{CBR eq.} = \frac{D1^3 \text{ CBR1} + D2^3 \text{ CBR2}}{D1^3 + D2^3}$$

Con 5% de ZEOLITA

$$\text{CBR eq.} = 0.40^3 (22.52) + 1.10^3 (5.68) / 0.40^3 + 1.10^3$$

$$\text{CBR equivalente} = 6.45 \%$$

$$\text{CBR eq.} = 0.60^3 (22.52) + 0.90^3 (5.68) / 0.60^3 + 0.90^3$$

CBR equivalente = 9.53 %

$$\text{CBR eq.} = 0.80^3 (22.52) + 0.70^3 (5.68) / 0.80^3 + 0.70^3$$

CBR equivalente = 15.76 %

CON 10% DE ZEOLITA

$$\text{CBR eq.} = 0.40^3 (40.00) + 1.10^3 (5.68) / 0.40^3 + 1.10^3$$

CBR equivalente = 7.25 %

$$\text{CBR eq.} = 0.60^3 (40.00) + 0.90^3 (5.68) / 0.60^3 + 0.90^3$$

CBR equivalente = 13.52 %

$$\text{CBR eq.} = 0.80^3 (40.00) + 0.70^3 (5.68) / 0.40^3 + 1.10^3$$

CBR equivalente = 26.23 %

CON 15% DE ZEOLITA

$$\text{CBR eq.} = 0.40^3 (44.30) + 1.10^3 (5.68) / 0.40^3 + 1.10^3$$

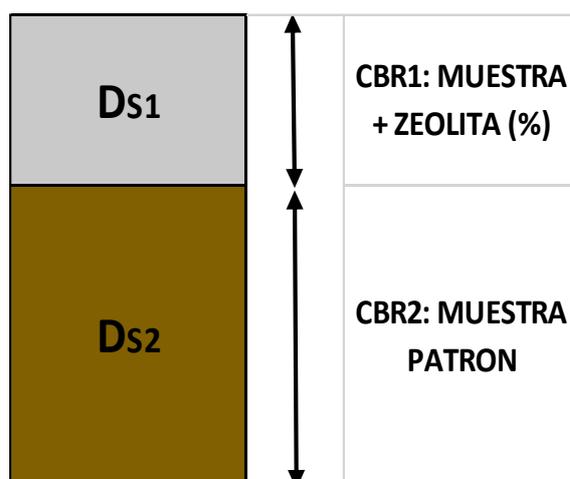
CBR equivalente = 7.45 %

$$\text{CBR eq.} = 0.60^3 (44.30) + 0.90^3 (5.68) / 0.60^3 + 0.90^3$$

CBR equivalente = 14.51 %

$$\text{CBR eq.} = 0.80^3 (44.30) + 0.70^3 (5.68) / 0.40^3 + 1.10^3$$

CBR equivalente = 28.81 %



$$CBR_p = \frac{D_{S1}^3 CBR_1 + D_{S2}^3 CBR_2}{(D_{S1})^3 + (D_{S2})^3}$$

Figura 46. Fórmula de CBR equivalente.

Fuente. Elaboracion propia.

Tabla 4. Resultados de la fórmula de CBR equivalente incorporando dosificaciones de zeolita.

% ZEOLITA	ESPESOR D1 (m)	ESPESOR D2 (m)	CBR1 (muestra + zeolita)	CBR2 (muestra patrón)	CBR equivalente
5%	0.40	1.10	22.52	5.68	6.45
	0.60	0.90			9.53
	0.80	0.70			15.76
10%	0.40	1.10	40.00		7.25
	0.60	0.90			13.52
	0.80	0.70			26.23
15%	0.40	1.10	44.30		7.45
	0.60	0.90			14.51
	0.80	0.70			28.81

Fuente. Elaboración propia.

El porcentaje de CBR efectúa los criterios de la norma ya que, añadiendo 5% de zeolita, tenemos por resultados un 6.45% lo cual está por encima del requisito mínimo de 6%. Por lo tanto, el espesor de la subrasante que se estabilizará con zeolita es de 0,40 m (D1).

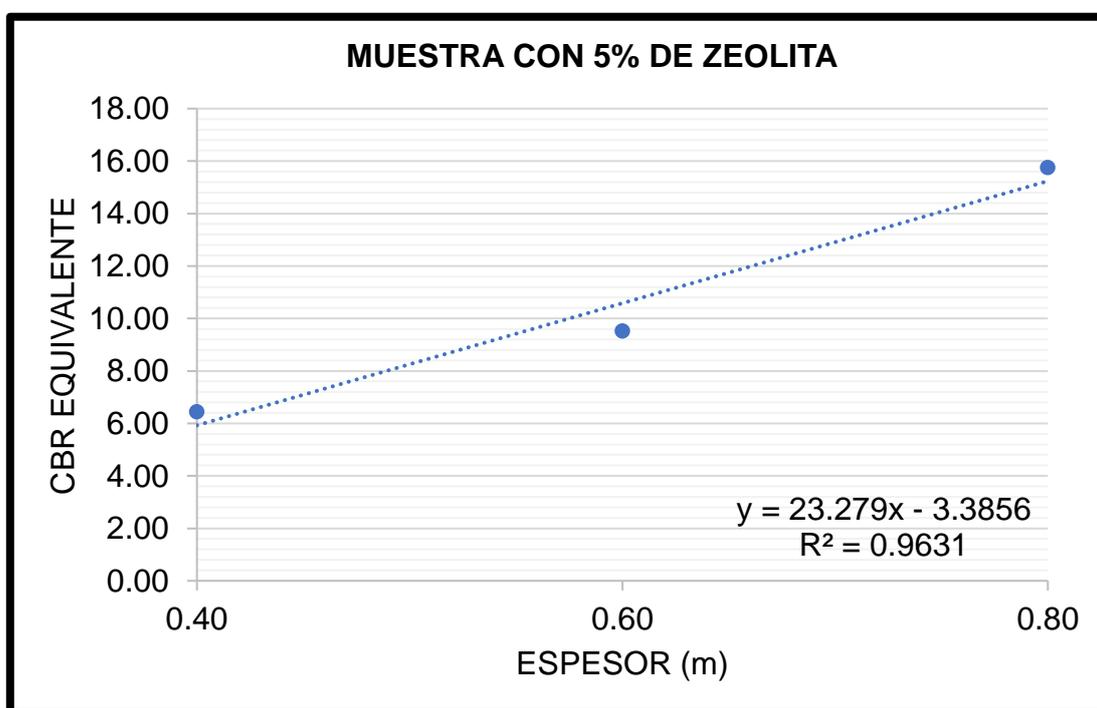


Figura 47. Gráfica de dispersión de los valores de CBR equivalente de la muestra incorporando 5% de zeolita natural.

Fuente. Elaboración propia.

Contrastación de las Hipótesis

A. Evaluación de normalidad del índice de plasticidad

En la tabla 5, se presenta la prueba de normalidad de la variable índice de plasticidad.

Tabla 5. Prueba de normalidad de la variable Índice de plasticidad.

Planteamiento de hipótesis para normalidad						
H0: Los valores de la variable tienen normalidad.						
H1: Los valores de la variable no tienen normalidad.						
Nivel de significancia						
$\alpha = 5\% = 0.05$						
Prueba estadística						
Si $n=5$, entonces Shapiro-Wilk (para muestras $n < 50$)						
Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Zeolita	0.151	3	.	1.000	4	0.972
Indice_Pasticidad	0.225	3	.	0.968	4	0.859
a. Corrección de significación de Lilliefors						
Regla de decisión						
$p = \text{valor} = 0.859 > 0.05$						
Se acepta la hipótesis nula H0: Los datos de la variable espesor tienen normalidad						
Conclusión						
Los datos de la variable Espesor de estabilización tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%						

En la tabla 5 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde el p-valor de la variable Índice de Plasticidad tiene un valor de 0.859 lo cual es mayor al 0.05 o 5%, ello indica que las variables tienen una distribución normal, de tal forma que se utilizó el coeficiente de Pearson.

B. Evaluación de normalidad del CBR

En la tabla 6, se presenta la prueba de normalidad de la variable CBR para la capacidad de soporte del suelo.

Tabla 6. Prueba de normalidad de la variable CBR.

Planteamiento de hipótesis para normalidad						
H0: Los valores de la variable tienen normalidad.						
H1: Los valores de la variable no tienen normalidad.						
Nivel de significancia						
$\alpha = 5\% = 0.05$						
Prueba estadística						
Si $n=5$, entonces Shapiro-Wilk (para muestras $n < 50$)						
Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Zeolita	0.151	3	.	0.993	3	0.972
CBR	0.21	3	.	0.931	3	0.598
a. Corrección de significación de Liliefors						
Regla de decisión						
$p = \text{valor} = 0.598 > 0.05$						
Se acepta la hipótesis nula H0: Los datos de la variable CBR tienen normalidad						
Conclusión						
Los datos de la variable CBR tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%						

En la tabla 6 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde el p-valor de la variable capacidad de soporte tiene un valor de 0.598 lo cual es mayor al 0.05 o 5%, ello indica que las variables tienen una distribución normal, de tal forma que se utilizó el coeficiente de Pearson.

C. Evaluación de normalidad del espesor de estabilización

En la tabla 7, se presenta la prueba de normalidad de la variable Espesor de estabilización con zeolita con el concepto de la rigidez equivalente.

Tabla 7. Prueba de normalidad de la variable Espesor.

Planteamiento de hipótesis para normalidad						
H0: Los valores de la variable tienen normalidad.						
H1: Los valores de la variable no tienen normalidad.						
Nivel de significancia						
$\alpha = 5\% = 0.05$						
Prueba estadística						
Si $n=5$, entonces Shapiro-Wilk (para muestras $n < 50$)						
Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Zeolita	0.175	3	.	1.000	3	1.000
Espesor_Estabilizacion	0.249	3	.	0.968	3	0.656
a. Corrección de significación de Lilliefors						
Regla de decisión						
$p = \text{valor} = 0.656 > 0.05$						
Se acepta la hipótesis nula H0: Los datos de la variable espesor tienen normalidad						
Conclusión						
Los datos de la variable Espesor de estabilización tienen normalidad con un nivel de significancia de 5%						

En la tabla 7 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde el p-valor de la variable Espesor de estabilización tiene un valor de 0.656 lo cual es mayor al 0.05 o 5%, ello indica que las variables tienen una distribución normal, de tal forma que se utilizó el coeficiente de Pearson.

Prueba de Correlación

D. Prueba de correlación del Índice de plasticidad

En la tabla 8, se evalúa el grado de asociación de la variable índice de plasticidad con la adición de Zeolita, mediante el coeficiente de correlación de Pearson "r".

Tabla 8. Prueba de correlación de Pearson del Índice de plasticidad con la zeolita.

Planteamiento de hipótesis para normalidad			
H0: El índice de plasticidad no está relacionada con la adición de Zeolita			
H1: El índice de plasticidad si está relacionada con la adición de Zeolita.			
Elección del nivel de significancia			
$\alpha = 5\% = 0.05$			
Elección de la prueba estadística			
Coeficiente de correlación de Pearson "r"			
	Correlaciones	Zeolita	Índice plasticidad
Zeolita	Correlación de Pearson	1	- 0.976
	Sig. (bilateral)		0.024
	N	4	4
Índice de plasticidad	Correlación de Pearson	-976	1
	Sig. (bilateral)	0.024	
	N	4	4
*. La correlación es significa en el nivel 0.05 (bilateral)			
Regla de decisión			
$p\text{-valor} = 0.024 < 0.05$			
Se acepta la alternativa H1: El índice de plasticidad si está relacionada con adición de Zeolita.			
Conclusión			
Existe evidencia estadística significativa para concluir que el índice de plasticidad y la zeolita relacionadas ($r=0.976$)			

En la tabla 8 presenta los resultados de la prueba de correlación de Pearson, donde se analizó el índice de plasticidad y la incorporación de zeolita, el valor del coeficiente de correlación es de $r^2=0.024$ lo cual es menor al 0.05 o 5%, ello indica que, si está relacionada con la incorporación de zeolita natural, se concluye que estadísticamente la adición de zeolita natural reduce el índice de plasticidad de los suelos.

E. Prueba de correlación de CBR

En la tabla 9, se evalúa el grado de asociación de la variable CBR con la adición de Zeolita, mediante el coeficiente de correlación de Pearson "r".

Tabla 9. Prueba de correlación de Pearson de CBR con la zeolita.

Planteamiento de hipótesis para normalidad			
H0: El índice de plasticidad no está relacionada con la adición de Zeolita			
H1: El índice de plasticidad si está relacionada con la adición de Zeolita.			
Elección del nivel de significancia			
$\alpha = 5\% = 0.05$			
Elección de la prueba estadística			
Coeficiente de correlación de Pearson "r"			
	Correlaciones	Zeolita	CBR
Zeolita	Correlación de Pearson	1	- 0.976
	Sig. (bilateral)		0.035
	N	4	4
CBR	Correlación de Pearson	-976	1
	Sig. (bilateral)	0.035	
	N	4	4
*. La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)			
Regla de decisión			
$p\text{-valor} = 0.035 < 0.05$			
Se acepta la alternativa H1: El CBR si está relacionada con adición de Zeolita.			
Conclusión			
Existe evidencia estadística significativa para concluir que el CBR y la zeolita relacionadas ($r=-0.976$)			

En la tabla 9 presenta los resultados de la prueba de correlación de Pearson, donde se analizó la capacidad de soporte y la incorporación de zeolita, el valor del coeficiente de correlación es de $r^2=0.035$ lo cual es menor al 0.05 o 5%, ello indica que, si está relacionada con la incorporación de zeolita natural, se concluye que estadísticamente la adición de zeolita natural aumenta la capacidad de soporte de los suelos.

F. Prueba de correlación del espesor de estabilización de plasticidad

En la tabla 10, se examina la conexión entre el espesor de estabilización y la incorporación de Zeolita, a través de la utilización del coeficiente de correlación de Pearson "r" para evaluar la asociación.

Tabla 10. Prueba de correlación de Pearson del espesor de estabilización con la zeolita.

Planteamiento de hipótesis para normalidad			
H0: El índice de plasticidad no está relacionada con la adición de Zeolita			
H1: El índice de plasticidad si está relacionada con la adición de Zeolita.			
Elección del nivel de significancia			
$\alpha = 5\% = 0.05$			
Elección de la prueba estadística			
Coeficiente de correlación de Pearson "r"			
		Zeolita	Espesor_estabilizacion
Zeolita	Correlación de Pearson	1	0.951
	Sig. (bilateral)		0.049
	N	4	4
Espesor_estabilizacion	Correlación de Pearson	0.951	1
	Sig. (bilateral)	0.049	
	N	4	4
*. La correlación es significa en el nivel 0.05 (bilateral)			
Regla de decisión			
$p\text{-valor} = 0.049 < 0.05$			
Se acepta la alternativa H1: El espesor de estabilización si está relacionada con adición de Zeolita.			
Conclusión			
Existe evidencia estadística significativa para concluir que el espesor de estabilización y la zeolita están relacionadas ($r=-0.951$)			

En la tabla 10 presenta los resultados de la prueba de correlación de Pearson, donde se analizó el espesor de estabilización y la incorporación de zeolita, el valor del coeficiente de correlación es de $r^2=0.049$ lo cual es menor al 0.05 o 5%, ello indica que, si está relacionada con la incorporación de zeolita natural, se concluye que estadísticamente la adición de zeolita natural ayuda a disminuir el espesor de estabilización.

V. DISCUSIÓN

- Con el objetivo de mejorar las diferentes propiedades fundamentales del suelo de subrasante, ubicado en la provincia de Ilo, departamento de Moquegua, presentan suelos blandos y de limitada resistencia, se empleó 5%, 10% y 15% de zeolita natural incorporadas a la muestra de suelo obtenidas del km 1+760 al 2+760 de la carretera Ilo-Algarrobal, los resultados obtenidos para los ensayos de Índice de Plasticidad (IP), Capacidad de Soporte (CBR) y Espesor Mínimo de Estabilización, presenta una mejora en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Según los resultados de los proyectos de investigación y/o artículos de los autores tales como Tipo (2023), Demirbas (2009), Fauziah y Husni (2019) lograron efectos positivos en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, por tanto, guarda relación con nuestra investigación.
- Con el objetivo de reducir la plasticidad del suelo de subrasante, en nuestra presente investigación la muestra patrón (suelo limoso) sin adición se obtuvo un 14.75% de Índice de Plasticidad y al añadir porcentajes de 5%, 10% y 15% de zeolita natural se obtuvo resultados de 10.21%, 8.88% y 6.11% de Índice de Plasticidad, por lo que, a mayor dosificación de zeolita natural en la muestra de suelo disminuye la plasticidad del suelo debido a los agentes estabilizadores de la zeolita, los resultados obtenidos por el autor Demirbas (2009) en su investigación “Estabilización de suelos expansivos utilizando zeolita” el Índice de Plasticidad de la muestra patrón (suelo arcilloso) sin adición es de 60% y al añadir porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de zeolita a su muestra patrón esta tiende a disminuir a un 41%, 37%, 35%, 32% y 27% respectivamente, por tanto, hay similitud con nuestro proyecto de investigación, a continuación se muestra la comparación de resultados mediante gráfico de barras y tabla de los resultados.

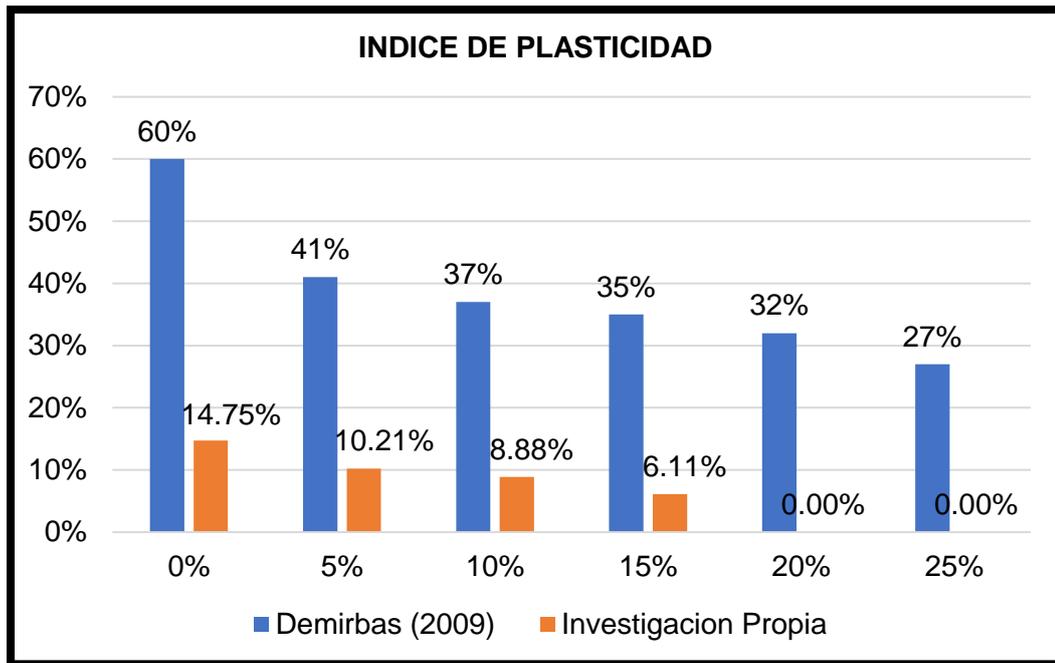


Figura 48. Gráfica de barras de comparación del Índice de Plasticidad.

Fuente. Elaboracion propia.

Tabla 11. Resultados de comparación del índice de plasticidad.

Porcentaje de Zeolita	INDICE DE PLASTICIDAD	
	Demirbas 2009	Investigación Propia
0%	60%	14.75%
5%	41%	10.21%
10%	37%	8.88%
15%	35%	6.11%
20%	32%	-
25%	27%	-

Fuente. Elaboracion propia.

- Con el objetivo de elevar la capacidad de soporte de los suelos blandos de la subrasante de la carretera Ilo- Algarrobal en nuestra investigación se obtuvo un 5.68 % de CBR (California Bearing Ratio) sin adición de zeolitas, al adicionar dosificaciones de 5%,10% y 15% de zeolitas se logró incrementar en 22.52%, 40.00% y 44.30% de CBR logrando una mayor capacidad resistente de la subrasante, debido a la propiedad de resistencia mecánica de la zeolita lo cual evitará un laudo por cortante o un asentamiento diferencial excesivo del

pavimento, por su parte los autores Fauziah y Husni (2019) en su artículo “Estudio experimental de estabilización de suelos blandos utilizando zeolita en ciclos seco-húmedo” en sus resultados el CBR inicial de la muestra sin adición obtuvo un 6%, con la adición de dosificaciones de 3%, 6% y 9% de zeolita, obtuvieron un 16%, 28% y 44% de CBR aumentando la capacidad de soporte, por tanto, hay similitud con los resultados de nuestro proyecto de investigación.

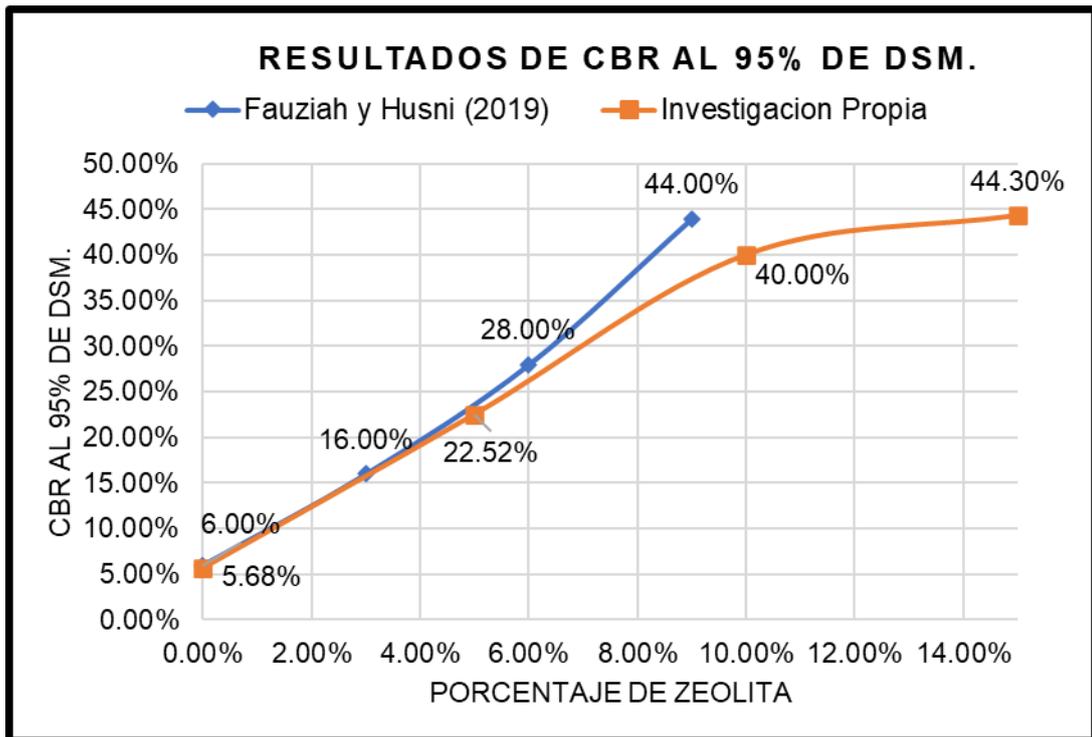


Figura 49. Gráfico de dispersión evaluación de resultados de CBR

Fuente. Elaboracion propia.

Tabla 12. Evaluación de resultados del ensayo de CBR.

Fauziah y Husni (2019)		Investigación Propia	
Porcentaje de zeolita	CBR al 95% DSM.	Porcentaje de zeolita	CBR al 95% DSM.
0.00%	6.00%	0.00%	5.68%
3.00%	16.00%	5.00%	22.52%
6.00%	28.00%	10.00%	40.00%
9.00%	44.00%	15.00%	44.30%

Fuente. Elaboracion propia.

- Con el objetivo de diseñar el Espesor Mínimo de Estabilización, en nuestra presente tesis se usó la fórmula de la rigidez equivalente, según norma MTC para suelo estabilizado, la capa de la subrasante debe ser igual o mayor al 6%, de acuerdo a los resultados de la fórmula con un espesor de estabilización de 0.40 m aplicando dosificaciones de 5% de zeolita natural se obtiene 6.45% de CBR ponderado, lo cual cumple con lo requerido en la norma, por su parte los autores Cortes y Fernández (2015) en su tesis “Influencia de las zeolitas en el aumento de la resistencia de suelos del sur, este y norte de lima para vías a nivel de afirmado” realizaron el diseño con las diferentes mezclas de aditivos, el cual destacó la mezcla de zeolita, logró reducir el espesor del pavimento a un 0.35 m en la zona norte, 0.18 m en la zona este y 0.20 m para la zona sur, se discurre las características de la sub rasante, por lo tanto hay similitud con nuestra investigación.

VI. CONCLUSIONES

La finalidad de este estudio fue establecer la estabilización del suelo en la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, localizada en la provincia de Ilo, dentro del departamento de Moquegua, debido a que presentan suelos blandos y de limitada resistencia. Se empleó 5%, 10% y 15% de zeolita natural para lograr la estabilización del suelo de subrasante, fueron incorporadas a la muestra de suelo obtenidas del km 1+760 al km 2+760 de la carretera Ilo-Algarrobal. Para la diferenciación de las propiedades del suelo, se evaluó los siguientes indicadores: Índice de Plasticidad (IP), Capacidad de Soporte (CBR) y Espesor Mínimo de Estabilización según el Manual de Carreteras (EG-2013), Normas ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) y NTP (Normas Técnicas Peruanas), conforme a los resultados se llegó a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los ensayos de laboratorio se tiene que los suelos de fundación de la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal son suelos limosos (ML) los cuales presentan límites de consistencia elevados incumpliendo las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras del MTC, ante esto se buscó mejorar las propiedades del suelo con el uso de 5%, 10% y 15% de zeolita natural de acuerdo al indicador del Índice de Plasticidad (IP) se obtiene de la muestra sin adición fue un 14.75% de IP y con la adición de 5% de zeolita se redujo a 10.21% de IP, con un 10% de zeolita se redujo a 8.88% de IP y con 15% de zeolita se redujo a 6.11% de IP, lo cual hay una tendencia de disminución del IP, a mayor porcentaje de zeolita se redujo la plasticidad, por lo que valida el objetivo planteado. Esto se basa a que la zeolita tiene propiedades de agente estabilizador químico ya que, es un mineral aluminosilicato microporoso no plástico que está compuesto por óxido de aluminio (Al_2O_3) y dióxido de silicio (SiO_2) que tiene la propiedad de reducir la plasticidad del suelo. Se concluye que la zeolita en suelos limosos tiende a disminuir el índice de plasticidad en porcentajes altos, cumpliendo con el Índice de Plasticidad exigido en el Manual de Carreteras (EG-2013) el cual debe ser menor al 10%, con una adición de 10% de zeolita se cumple la Norma. En comparación con la tesis de Tipo (2023), Demirbas(2009), Fauziah y Husni (2019) de igual modo

lograron efectos positivos en las propiedades físicas y mecánicas del suelo guardando relación con nuestra investigación. Por lo tanto, se logra cerrar la brecha del objetivo específico N°1, el cual menciona reducir la plasticidad del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal

- De acuerdo a resultados de laboratorio previos se tiene que, los suelos que componen la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua está compuesto de suelos tipo MH, los mismos que presentan una deficiente capacidad de soporte, de acuerdo al indicador de la Capacidad de Soporte (CBR) se obtiene de la muestra de suelo un 5.68% de CBR y con una dosificación de 5 %,10 % y 15% de zeolita natural el CBR que se aplicó al 95% de la Máxima Densidad seca incrementándose a 22.52 %, 40.00 % y 44.30 % de CBR, lo cual presenta una tendencia a incrementar el valor de CBR hasta un valor máximo, conforme al porcentaje de zeolita natural, por lo que valida el objetivo planteado. Esto se basa a que la zeolita tiene propiedades resistencia mecánica y el incremento de tamaño con el agua, el cual con la compactación se logra un incremento de resistencia del suelo. Fauziah y Husni (2019) en su artículo aumentó la capacidad de soporte de los suelos cohesivos, mostrando similitud con los resultados de nuestro proyecto de investigación. Se concluye que a mayor dosificación de zeolita influye en el incremento de CBR y se logra cerrar la brecha del objetivo específico N°2 el cual plantea elevar la capacidad de soporte gracias a la adición de zeolita
- Para el diseño del espesor mínimo de estabilización requerido para la subrasante se utilizó el concepto del CBR equivalente, para un espesor de 0.40 m. el CBR ponderado resulta 5% del suelo natural sin adición y con dosificaciones de 5%, 10% y 15% de zeolita natural se obtiene un 6.45 %, 9.53% y 15.76% respectivamente, lo cual cumple con el CBR mínimo de 6%, por lo que valida el objetivo planteado. Se concluye que el espesor mínimo de estabilización con una dosificación de 5% de zeolita es de 0.40m y se logra cerrar la brecha del objetivo específico N°3 el cual nos plantea hallar un espesor de estabilización adecuado para este suelo estudiado.

La presente investigación ha alcanzado su objetivo de estabilizar la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, mediante la incorporación de zeolita natural en diferentes dosificaciones, por lo tanto se cierra la brecha del objetivo general que plantea mejorar las propiedades fundamentales del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal, los resultados evidencian que agregar zeolitas tiene un impacto positivo al disminuir el índice de plasticidad y aumentar la capacidad de carga del suelo, en el cual también se determinó un espesor mínimo de refuerzo adecuado. Se concluye que el espesor de estabilización es de 0.40m empleado la dosificación de 5% de zeolita natural, lo cual cumple con las exigencias para subrasante estabilizadas.

VII. RECOMENDACIONES

- Recomendar a futuras investigaciones analizar el comportamiento de la zeolita en diversos tipos de suelos teniendo en cuenta la dosificación de la zeolita empleada en la presente tesis, para su evaluación en las propiedades fundamentales del suelo.
- La optimización del uso de zeolita como agente estabilizante implica ajustar las dosificaciones de acuerdo con las características específicas del suelo a mejorar, ya que cada tipo de suelo presenta diferentes propiedades físicas.
- Realizar ensayos in situ para evaluar la capacidad de soporte de la subrasante aumenta la fiabilidad de los resultados en comparación con los ensayos de laboratorio, proporcionando una perspectiva más realista y precisa al considerar las condiciones reales del terreno.
- Procesar la zeolita natural de diferente manera, adicionando con algún otro material en simetrías iguales o superiores generará cambios significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, teniendo en cuenta esta investigación como una referencia para su propia investigación.

REFERENCIAS

- [01] ARIAS, F. (2006). *El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ta edición. <https://www.mediafire.com/file/99utq43pl3rjhvj/El-proyecto-de-investigaci%25C3%25B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf/file>
- [02] ARIAS, GONZALES. (2021). *Técnicas e instrumentos de investigación científica para ciencias administrativas*. <http://isbn.bnpe.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=116731>
- [03] BADILLO, E. RODRIGUEZ, A. (2005). *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Tomo 1. <https://veterainos1927.files.wordpress.com/2014/05/mecanica-de-suelos-tomo-1-juarez-badillo.pdf>
- [04] BOWELS. 2017. "Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada". (56 000 pie-lb/pie³ [2700 knm/m³]) (Proctor modificado) [en línea]. Vol. 33 n° 2 [fecha de consulta 24 de julio de 2022]. Disponible en: https://es.slideshare.net/roy_foker01/proctor-modificado-56633008
- [05] BRAJA, D. (2013). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Edición N°4. https://www.academia.edu/p/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das
- [07] CASTAÑEDA, E. (2017). *Incorporación de suelos a la clasificación SUCS planteados por braja das en la teoría de compactación de suelos: ensayos en suelos andinos – Perú. Menciona a Sagues, (2008) Propiedades de los Suelos Compactados*. Universidad de Buenos Aires, 2008. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16764>
- [08] CONDORI-OJEDA, P. (2020). *Universo, muestra y poblacion*. Curso Taller. <https://www.aacademica.uorg/cporfirio/18>

- [09] CORTES, C., FERNÁNDEZ, M. (2015). *Influencias de las zeolitas y biopolímeros en el mejoramiento de la resistencia de suelos del sur, este, y norte de Lima para vías a nivel de afirmado*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil] <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2377>
- [10] COSTAFREDA, J. (2014). *Rocas y minerales industriales*. Universidad politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingeniería de minas y energía. Universidad politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/32548/1/Tectosilicaitos_Costafreda.pdf
- [11] CRESPO, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Quinta Edición. <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-deisuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- [12] DIRECCION GENERAL DE CAMINO Y FERROCARRILES 2018. *Manual de carreteras*. Manual de diseño geométrico. Obtenido en: https://www.academia.edu/39227994/DIRECCI%C3%93N_GENERAL_DE_CAMINOS_Y_FERROCARRILES
- [13] DEMIRBAŞ, GÜNEŞ. (2009). *Stabilization Of Expansive Soils Using Bigaadie Zeolite (Boron By-Product)*. [Tesis De Posgrado, Middle East Technical University, Turquia] <https://hdl.handle.net/11511/18539>
- [14] FAUZIAH, SITI, HUSNI, MUHAMMAD. (2019). Experimental study soft soil stabilization using zeolite on dry-wet cycles. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. Vol 10, Issue 10, 305-312. <https://sdbindex.com/Documents/index/00000001/00000-03841>.
- [15] GEOTECNICA FACIL (2019). *Ensayo Proctor Normal y Modificado. Descripción e interpretación*. <https://geotecnafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado/>

- [16] GUZMÁN, E. GONZALES, Y. ARMAS, R. (2010). *Estabilización del suelo dispersivo mediante zeolita*. [Tesis de Pregrado, Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”] 10.13140/RG.2.1.4771.5283.
- [17] HERNÁNDEZ, A. (2021). *Comportamiento mecánico del suelo arcilloso estabilizado con puzolanas y cal como material para capa sub base*. [Tesis de posgrado, Universidad de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería De Vías Terrestres y Movilidad] <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/33104>
- [18] HERNÁNDEZ, A., LOPEZ, T., HERNANDEZ, J., HORTA, J. (2021). *Natural zeolite from Puebla as a soil tretment of Querétaro region in roadways: Effects on its plastic behavior*. Ingeniería Investigación y Tecnología volumen. XXII (número 3), julio-septiembre 2021, 1-10. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140577432021000300008&script=sci_abstract&tlng=en
- [19] HERRERA, S., MIRANDA, L. (2020). *Estabilización de la sub rasante de la av. Ahuashiyacu por medio de la concentración, en el distrito de Shilcayo, provincia y región San Martín* (2020) [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bietstream/handle/20.500.12692/107720/Herrera_DSC-Miranda_GLS-SD.pdf?siquence=1&isAllowed=y
- [20] HERNÁNDEZ, MIGUEL. (2020). *El ABC de las zeolitas en México*. <https://es.everand.com/book/456893943/El-ABC-de-las-zeolitas-naturalies-en-Mexico>
- [21] HERNÁNDEZ, S., & DUANA, D. (2020). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Información de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA, 9(17), 51-53. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>

- [22] LAMBE, W., WHITMAN R. (2001). *Mecánica de Suelos*. Editorial Limusa.
[https://www.academia.edu/44624675/Mec%C3%A1nica de Suelos T Willi
am Lambe Robert V Whitman](https://www.academia.edu/44624675/Mec%C3%A1nica_de_Suelos_T_William_Lambe_Robert_V_Whitman)
- [23] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2013) *MTC 2013. Manual de Carreteras. Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura* Vial. S.I.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf
- [24] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2013) *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos*. Obtenido en :
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%1para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%2020131425\)](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%1para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%2020131425))
- [25] MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS. (2015). *Pautas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*.
<https://es.slideshare.net/castilloaroni/pautas-metodologicas-para-el-desarrollo-de-alternativas-de-pavimentos-en-la-formulacin-y-evaluacin-social-de-proyectos-de-inversin-pblica-de-carreteras-rd-n-0032015ef6301-vigente>
- [26] MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2018). *Tipos de suelos en las regiones del Perú*, pág. 53
<https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/destacados2/ManualElaboracionDesarrolloUrbano.pdf>

- [27] MAKWIN, ALHASSAN, & ALHAJI. (2020). *Effect of Zeolita on Unconfined Compressive Strength of Cement Stabilized Clay soil as a Construction Material*. 2nd International Civil Engineering Conference, Civil Engineering Department, Federal University of Technology, Minna, Nigeria, Pp 301-311. <http://repository.futminna.edu.ng:8080/jspui/handle/123456789/10382>.
- [28] NOROUZNEJAD, GHASEM., MIRHOSSEINI., SEYED., MOHAMMAD., AFZALIRAD., MOBIN. (2021). Influence of Zeolite on the Compaction Characteristics and Shear Strength Parameters of Cemented Sand. *Sains Malaysiana* 50(11) (2021): 3181-3191. <http://doi.org/10.17576/jsm-2021-50113>
- [29] NORIEGA, Y., VIVES, J., MUÑOZ, S. (2022). *Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento.: Uso de estabilizadores*. *Avances Investigación En Ingeniería*, 19(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>.
- [30] OLAVARRÍA. 2018. *Carta de plasticidad de Casagrande*. Online | Ingeniería Elemental. Ingeniería Elemental [en línea]. [Consulta: 1 marzo 2023]. Disponible en: <https://ingenieriaelemental.com/carta-de-plasticidad-decasagrande-online/>.
- [31] PAVIMENTOS (2013). *Propiedades físico-mecánicas de los suelos para la subrasante*. <https://libros-pavimentos.blogspot.com/2013/01/propiedades-fisico-mecanicas-de-los.html>
- [32] PRIMER TALLER DE MECANICA DE SUELOS (2006) *Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada*. (56 000 pie-lb/pie³ [2700 m³]) (Proctor modificado). citado a Bowels, Joseph. (2017). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. Experimento N°9. <https://stehven.files.wordpress.com/2015/08/josephe-e-bowles-manual-de-laboratorio-de-suelos.pdf>

- [33] QUINTERO, M. (2000). Definición de Zeolitas; estructura, y ejemplos prácticos. *Enciclopedia.net*. <https://enciclopedia.net/zeolitas/#autor>
- [34] RAMÍREZ. (2009). Pontificia Universidad Javeriana. *Metodología formal de la investigación científica*. vol. I, pp. 111. <http://www.worldcat.org/profiles/afgomez/lists/2904204>
- [35] SHAHRYAR, AFTABI., SAEED, FATHI., MOHAMMAD, AMINFAR. (2020). *The Effect of Zeolite on Sandy-Silt Soil Mechanical Properties*. *World Academy of Science, Engineering and Technology* vol 14(10) 269-278. https://www.researchgate.net/profile/ShahryarAftabi/publication/352908351_The-Effect-of-Zeolite-on-Sandy-Silt-Soil-Mechanical-Properties/links/60df4ad392851ca944a2e8f5/The-Effect-of-Zeolite-on-Sandy-Silt-Soil-Mechanical-Properties.pdf.
- [36] SÁNCHEZ. 2020. *Granulometría de Suelos*. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de agosto de 2022.] <https://civilgeeks.com/2013/11/25/granulometria-suelos-ingnestor-luis-sanchez/>.
- [37] TIPO, S. (2023). *Estabilización del suelo mediante la adición de zeolitas en el dique de tierra de la presa Cotarsaya, Azángaro, Puno, 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115946>
- [38] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA – UPV. (2019). *Límites de Atterberg: límite líquido y límite plástico gráfico de plasticidad de Casagrande* | UPV. [Archivo de Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=VRp_nQKVeOk
- [39] UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. (2020). *Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis de Elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales*. Vicerrectorado de Investigación. <https://www.uni.edu.pe/wp->

[content/uploads/2020/01/RCUN%C2%B00220-2020-UCV-Reglamento-de-Grados-y-Ti%C3%81tulos.pdf](#)

- [40] WHITLOW, R. (2009). *Fundamentos de Mecánico de Suelos*.
<https://es.scribd.com/document/442168599/fundamentos-de-Mecanica-de-Suelos-by-Roy-Whitlow>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variable.

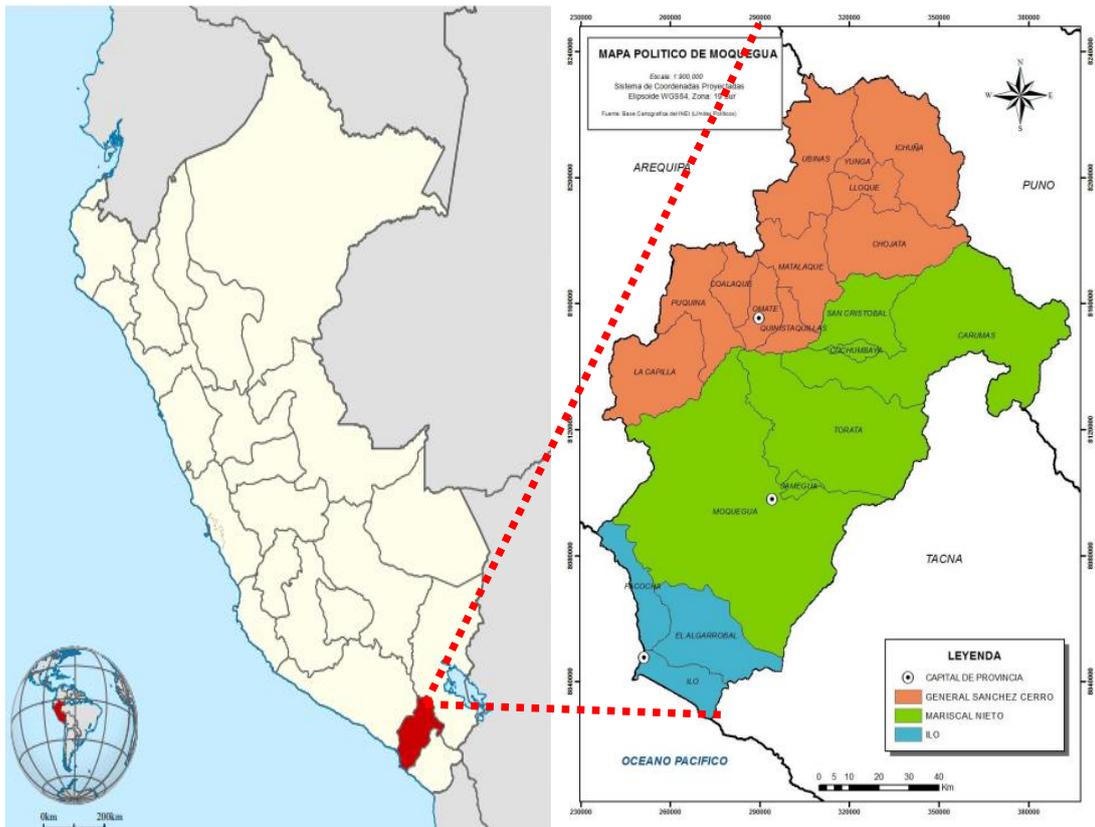
Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal usando Zeolitas					
Autor(es): Chana Llanque Flor Elizabeth, Mamani Mamani Edwin Joel					
VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
V.I. ZEOLITA NATURAL	Las zeolitas es un grupo de minerales micro cristalinos que poseen una estructura porosa única, permitiéndoles absorber y liberar moléculas y compuestos las cuales serán incorporadas en porcentajes sobre el suelo de la subrasante, donde se realizarán los ensayos correspondientes tales como el CBR, límites de consistencia y espesor de estabilización. (Arias 2020)	La variable operacionalizará empleando ensayos de laboratorio para la medición desde el estado base de la subrasante hasta las dosificaciones de 5%, 10% y 15%.	Dosificación	5%	Razón
				10%	
				15%	
V.D. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE	Se define al mejoramiento de subrasante a la optimización de las propiedades de la subrasante, recurriendo a parámetros de resistencia mediante la relación de soporte california (CBR). Podemos entender que agregando materiales a la subbase se pueden mejorar sus propiedades (Ospina, Chaves y Jiménez 2020)	La variable operacionalizará empleando ensayos de laboratorio tomando como parámetro la relación de soporte california (CBR) la cual es expresada en porcentaje (%)	Propiedades físicas y mecánicas del suelo estabilizado	Límites de consistencia	Razón
				CBR	
			Diseño de espesor de estabilización	Espesor equivalente	

ANEXOS

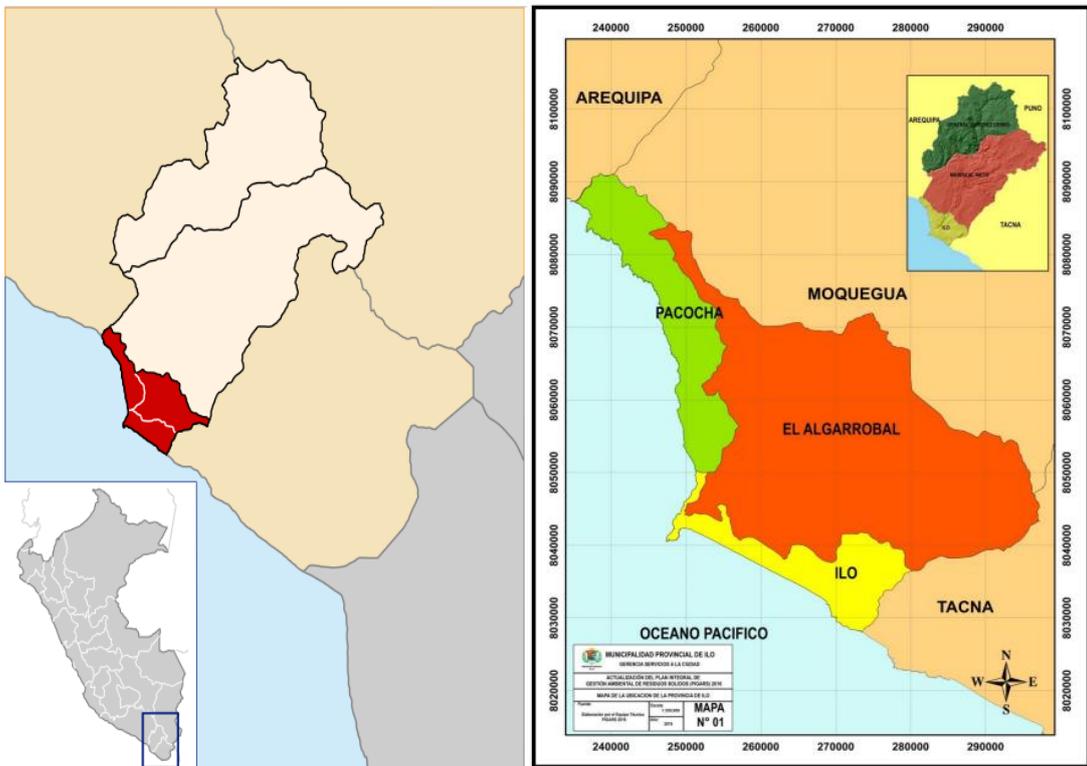
Anexo 2. Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA								
Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal usando Zeolitas Naturales, Moquegua, 2023								
Autor(es): Chana Lanque Flor Elizabeth, Mamani Mamani Edwin Joel								
Problema	Objetivos	Hipotesis	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología	
Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	INDEPENDIENTE					
<p>Los suelos de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal están compuestos por suelos limosos calificados como blandos y de limitada resistencia, lo cual provoca deformaciones en la superficie e impide el normal paso del tránsito vehicular.</p> <p>¿De que manera influye el uso de Zeolitas naturales en el mejoramiento de las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua?</p>	<p>Mejorar las propiedades fundamentales del suelo de subrasante de la de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua</p>	<p>El uso de Zeolitas en dosificaciones adecuadas mejoraría las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua</p>	<p>Zeolitas</p>	<p>Dosificación</p>	5%	<p>Laboratorio</p>	Tipo de la Investigación: Aplicada	
					10%		Enfoque de la Investigación: Cuantitativo	
					15%		El diseño de la investigación: Experimental	
Problema Especificos	Objetivo Especifico	Hipotesis Especifico	DEPENDIENTE					
<p>De acuerdo a la caracterización de los suelos blandos de la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua, se tiene que, los límites de consistencia tienen valores elevados incumpliendo las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras del MTC ¿En que medida el uso de Zeolitas reduciría los límites de consistencia de los suelos finos de la carretera Algarrobal en el departamento de Moquegua?</p>	<p>Reducir la plasticidad de los suelos de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua</p>	<p>Añadiendo Zeolitas al suelo de subrasante se reduciría la plasticidad de los suelos blandos de fundación de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua</p>	<p>Resistencia de la Subrasante</p>	<p>Propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante</p>	<p>Límites de Consistencia</p>	<p>Equipos de laboratorio</p>	El nivel de la investigación: experimental	
<p>De acuerdo a resultados de laboratorio previos se tiene que, los suelos que componen la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua esta compuesto de suelos tipo MH, los mismos que presentan una deficiente capacidad de soporte. ¿Cómo influye el uso de Zeolitas en la capacidad de soporte de los suelos subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua?</p>	<p>Elevar la capacidad de soporte de los suelos blandos de la subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal en el departamento de Moquegua</p>	<p>El uso de Zeolitas elevaría la capacidad de soporte de los suelos</p>					<p>CBR</p>	<p>Muestra: La muestra de suelo es del km 1+760 al 2+760 de la carretera Algarrobal</p>
<p>Según el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) como procedimiento complementario a la dosificación adecuada del aditivo estabilizador, es necesario conocer el espesor de capa por estabilizar. ¿Empleando el concepto de la rigidez equivalente cual sería el espesor adecuado por estabilizar, considerando los principios de diseño de pavimento AASHTO1993?</p>	<p>Diseñar el espesor de estabilización de suelos empleando Zeolitas, siguiendo los principios de la rigidez equivalente y el diseño de pavimentos AASHTO1993.</p>	<p>Una metodología adecuada para estimar el espesor de estabilización con Zeolita sería considerando el concepto de la rigidez equivalente.</p>					<p>Espesor de Estabilización</p>	<p>Muestreo: Probabilístico, ya que se seleccionará la muestra representativa al azar.</p>

Anexo 5. Mapas y Planos



Mapa del departamento de Moquegua.



Mapa de los distritos de Ilo.

Anexo 6. Panel fotográfico



N° 01

Se observa el reconocimiento de terreno.



N° 02

Se observa la perforación de la calicata en la carretera Ilo-Algarrobal.



N° 03

Se observa la recolección de muestra para los ensayos de laboratorio



N° 04

Se observa el procedimiento para el análisis granulométrico.



N° 05

Se observa realizando los ensayos de limite plástico



N° 06

Se observa el ensayo de límites de consistencia.



N° 07

Se observa la mezcla de suelo patrón más la dosificación de zeolita natural.



N° 08

Se observa los moldes para el ensayo Proctor Modificado sumergidos por 4 días



N° 09

Se observa el análisis granulométrico con la adición de zeolita natural.



N° 10

Se observa la compactación para el ensayo de CBR.



N° 11

Se observa la prensa de CBR para las muestras patrón y alteradas



N° 12

Se observa la prensa de CBR y los resultados de las muestras.

Anexo 9. Certificados de laboratorio de los ensayos
Muestra de suelo de subrasante.



Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma83, Lt-17

OBRA : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito de Algarrobal, Provincia de Ilo Departamento de Moquegua

SOLICITANTE : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

PROPIETARIO : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material Propio de la Sub rasante

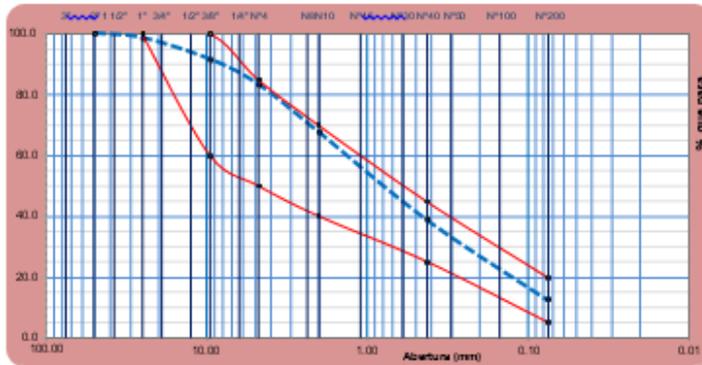
FECHA : viernes, 13 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	18/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamizos A ITM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación D A ITM M-147	Descripción de la muestra
							Peso Reten. # 4 : 498.00 gr.
							Peso Past. # 4 : 2478.00 gr.
							Límite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 27.33 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 12.58 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 14.75 %
1"	25.000	45.00	1.51	1.51	98.49	100	Clasificación
3/4"	19.000	84.00	2.82	4.33	95.67		AASHTO : A-4
3/8"	9.500	125.00	4.20	8.53	91.47	60	SUCS : ML
Nº4	4.750	244.00	8.20	16.73	83.27	50	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	465.00	15.63	32.36	67.64	40	D10 : 0.08
Nº20	0.840	614.00	20.63	52.99	47.01		D30 : 0.22
Nº40	0.425	241.00	8.10	61.09	38.91	25	D60 : 1.57
Nº60	0.250	190.00	6.38	67.47	32.53		Cc : 0.41
Nº100	0.150	240.00	8.06	75.54	24.46		Cu : 20.94
Nº200	0.075	354.00	11.90	87.43	12.57	5	% de Grava : 16.734 %
Fondo		374.00	12.57	100.00			% de Arena : 70.699 %
TOTAL		2878.00	100.00				% de Finos : 12.57 %

CURVA GRANULOMETRICA



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Ing. Rommel Cruzado Alvarado
Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR
--	---	--------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma-83, Lt-17

PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO-ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITANTE : Ing. Bachiller EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

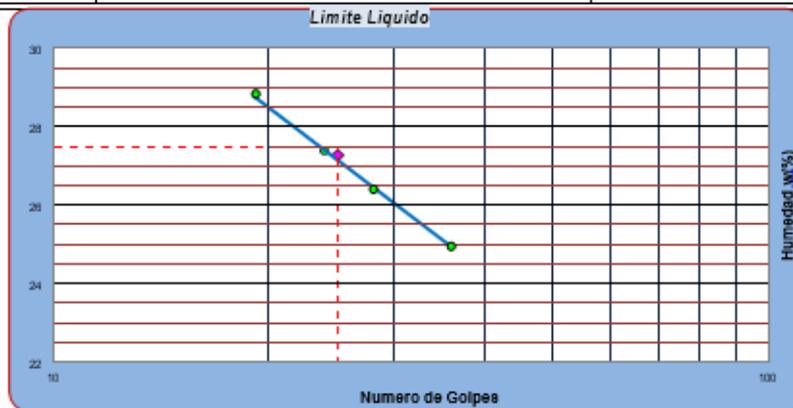
PROPIETARIO : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material Propio de la Sub rasante

FECHA : 13/10/2023

FECHA MUESTREO	18/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA				
ASTM D 4318, MTC E-110-111				
Determinación del Limite Plástico ASTM D-4318, AASHTO T-90				
ENSAYO N°	01	02	03	
Recipiente N°	15	16	17	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.51	29.11	29.91	
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.38	29.05	29.48	
Peso de agua	0.13	0.06	0.43	
Peso Recipiente	28.10	27.70	27.60	
Peso de Suelo Seco	1.28	1.35	1.88	
% de Humedad	10.16	4.44	23.13	
Limite Plástico (%)	12.58			
Determinación del Limite Liquido ASTM D-4318, AASHTO T-89				
ENSAYO N°	01	02	03	04
Recipiente N°	10	16	14	12
Numero de Golpes	24	19	36	28
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.15	45.98	41.55	46.41
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.49	42.00	38.80	42.60
Peso de agua	2.66	3.98	2.75	3.81
Peso Recipiente	27.80	28.20	27.80	28.20
Peso de Suelo Seco	9.69	13.80	11.00	14.40
% de Humedad	27.45	28.84	25.00	26.46
Limite Liquido (%)	27.33			
Indice de Plasticidad (%)	14.75			



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 Ing. Rommel Chusquea Ayala
 CSP N° 102292
 Jefe de Laboratorio de Suelos
 LABORATORIO GEOTECNIA
 ILO - PERU



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
---	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Mo-83, Lt-17

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA

"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN

: Carretera Ilo-Algarrobal del distrito del Algarrobal, provincia de Ilo, departamento de Moquegua

SOLICITA

: EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD

: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA

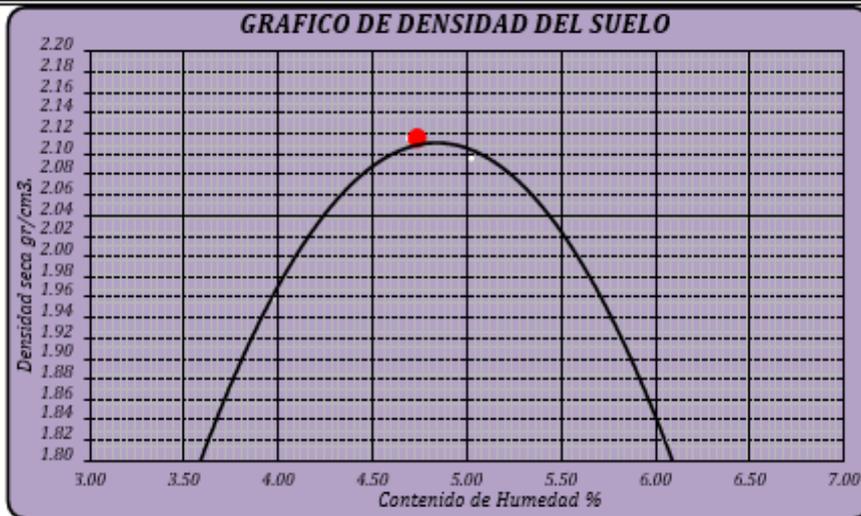
: Material Propio de la subrasante

FECHA

: viernes, 13 de octubre de 2023

FECHA DE ENSAYO 25/09/2023

PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr	10700.0	11080.0	11050	10471.3				
PESO DEL MOLDE	gr	6374.2	6374.2	6374.2	6374.2				
PESO MUESTRA HUMEDA	gr	4325.8	4705.8	4675.8	4097.3				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9				
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	2.037	2.216	2.202	1.929				
Nº DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HUMEDA + TARA	gr	37.940	36.040	35.090	30.610	47.290	33.270	31.331	44.650
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr	36.600	34.760	33.300	29.370	45.166	31.710	29.761	42.250
PESO DE LA TARA	gr	2.660	2.670	2.740	2.690	2.710	2.680	2.670	2.740
PESO DEL AGUA	gr	1.340	1.280	2.390	1.240	2.130	1.560	1.630	2.400
PESO MUESTRA SECA	gr	33.940	32.050	30.560	26.680	42.456	31.030	27.031	39.510
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.95	3.99	4.73	4.65	5.02	5.03	6.03	6.07
HUMEDAD PROMEDIO	%		3.97		4.69		5.02		6.05
DENSIDAD SECA	gr/cm ³		1.935		2.116		2.091		1.881



Densidad Máxima Seca : 2.116 gr/cm³.

Humedad Optima : 4.74 %



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo, departamento de Moquegua

SOLICITA : Ing. Bachiller EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

COMPACTACION : TIPO C

MUESTRA : Material Propio de la subrasante

FECHA : 29/07/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

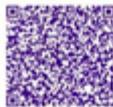
MUESTRA	01		02		03								
Nº DE GOLPES	56		25		10								
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO							
Peso del molde + suelo humedo	ar.	12251.9	12347.1	12029.1	12143.4	11782.1	12017.3						
Peso del molde	ar.	7310.9	7310.9	7148.5	7148.5	7140.1	7140.1						
Peso del suelo humedo	ar.	4941	5036.2	4880.6	4994.9	4642	4877.2						
Volumen del suelo	cm ³ .	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9						
Densidad humeda	gr/cc	2.326	2.371	2.298	2.352	2.186	2.296						
Humedad	%	4.94		9.01		6.77							
Densidad seca	gr/cc	2.217		2.108		2.047							
IDENTIFICACION DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	ar.	46.23	57.27			60.65	48.82			45.68	55.22		
Peso tara + suelo seco	ar.	44.76	53.99			54.82	45.87			42.95	51.89		
Peso de la tara	ar.	2.68	2.68			2.70	2.70			2.65	2.65		
Peso del agua	ar.	1.470	3.280			5.830	2.950			2.730	3.330		
Peso de los solidos	ar.	42.080	51.310			52.120	43.170			40.300	49.240		
humedad	%	3.49	6.39			11.19	6.83			6.77	6.76		
Promedio de humedad	%	4.94		9.01		6.77							

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
25/07/2023	16:45 pm	24	0			0			0		
26/07/2023	16:45 pm	48	0			0			0		
27/07/2023	16:45 pm	72	0			0			0		
28/07/2023	16:45 pm	72	0			0			0		

PENETRACION

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA Nº 01					MUESTRA Nº 02					MUESTRA Nº 03				
	LECTURA DIAL	CORRECCION				LECTURA DIAL	CORRECCION				LECTURA DIAL	CORRECCION			
		Libras	Lb/Pulg. ² .				Libras	Lb/Pulg. ² .				Libras	Lb/Pulg. ² .		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.008	25	197.6	65.9	60	21	166.0	55.3	50.0	10	79.0	26.3	40.0			
0.023	55	434.7	144.9	160	49	387.3	129.1	142.0	20	158.1	52.7	105.0			
0.040	100	790.4	263.5	260	81	640.2	213.4	240.0	37	292.4	97.5	155.0			
0.064	145	1146.0	382.0	390	114	901.0	300.3	350.0	55	434.7	144.9	205.0			
0.100	201	1588.6	529.5	560	157	1240.9	413.6	460.0	79	624.4	208.1	264.0			
0.158	290	2292.0	764.0	800	205	1620.2	540.1	601.0	102	806.2	268.7	340.0			
0.228	389	3074.5	1024.8	1050	260	2054.9	685.0	740.0	129	1019.6	339.9	411.0			
0.291	445	3517.1	1172.4	1200	298	2355.3	785.1	835.0	143	1130.2	376.7	460.0			
0.378	500	3951.8	1317.3	1360	342	2703.0	901.0	925.0	150	1185.5	395.2	505.0			
0.500	545	4307.4	1435.8	1490	380	3001.8	1000.6	990.0	165	1304.1	434.7	520.0			



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARIANINI
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, L1-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO-ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del distrito del Algarrobal, provincia de Ilo, departamento de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

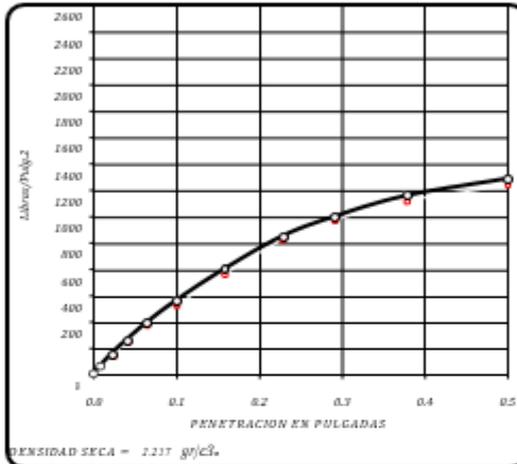
COMPACTACION : TIPO C

CANTERA : Material Probio de la subrasante

FECHA : 29/07/2023

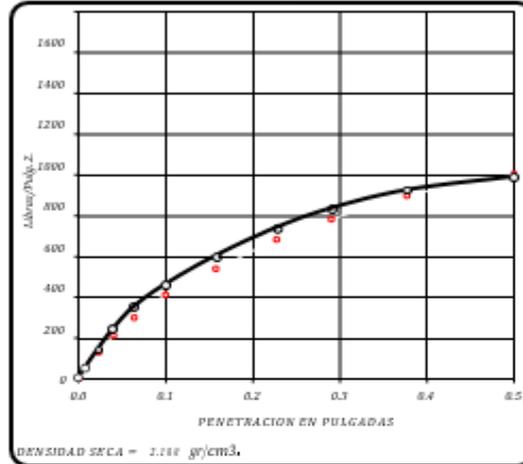
ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

56 Golpes



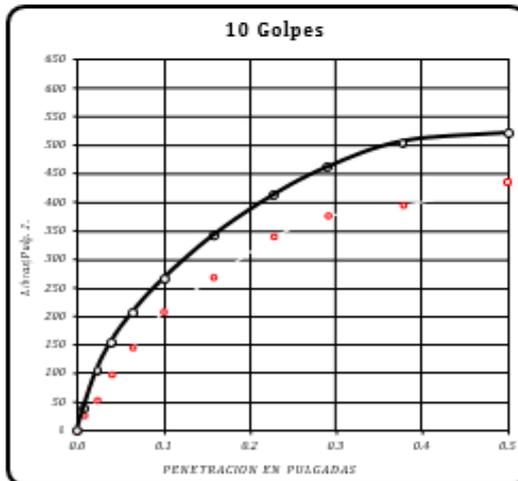
CBR a 0.1" = 7.60 %
CBR a 0.2" = 8.10 %

25 Golpes

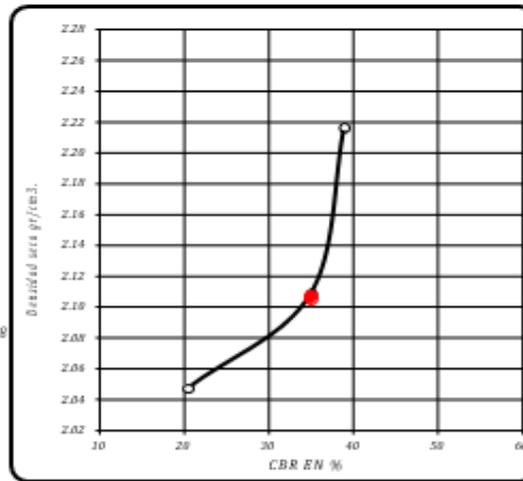


CBR a 0.1" = 5.68 %
CBR a 0.2" = 6.30 %

10 Golpes

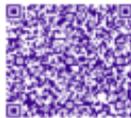


CBR a 0.1" = 4.20 %
CBR a 0.2" = 4.90 %



RESULTADOS DEL ENSAYO:

	CBR a 0.1"	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES =	7.60 %	2.22 gr/cm ³ .
CBR CON 25 GOLPES =	5.68 %	2.11 gr/cm ³ .
CBR CO 10 GOLPES =	4.20 %	2.05 gr/cm ³ .
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =	7.60 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =	5.68 %	



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARIHINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera No-Algarrobal del distrito del Algarrobal, provincia de Ilo, departamento de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

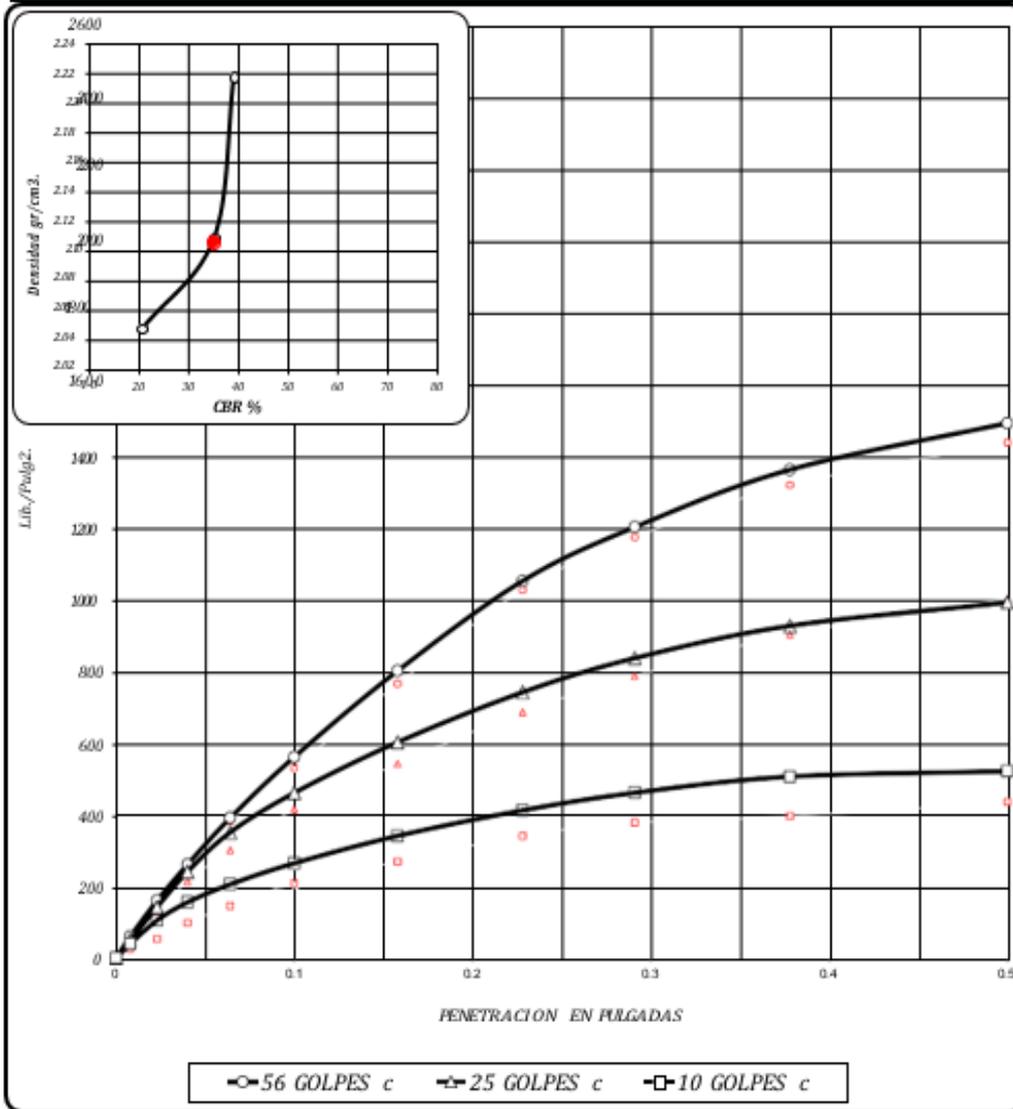
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material Propio de la subrasante

COMPACTACION : TIPO C

FECHA : 29/07/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73



56 GOLFES		25 GOLFES		10 GOLFES		CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 2.22 gr/cm ³		DENSIDAD SECA = 2.11 gr/cm ³		DENSIDAD SECA = 2.05 gr/cm ³		CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. = 7.60 %	
CBR a 0.1" = 7.60 %		CBR a 0.1" = 5.68 %		CBR a 0.1" = 4.20 %		CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. = 5.68 %	
CBR a 0.2" = 8.10 %		CBR a 0.2" = 6.38 %		CBR a 0.2" = 4.90 %			



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Parina
GERMAN PARINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

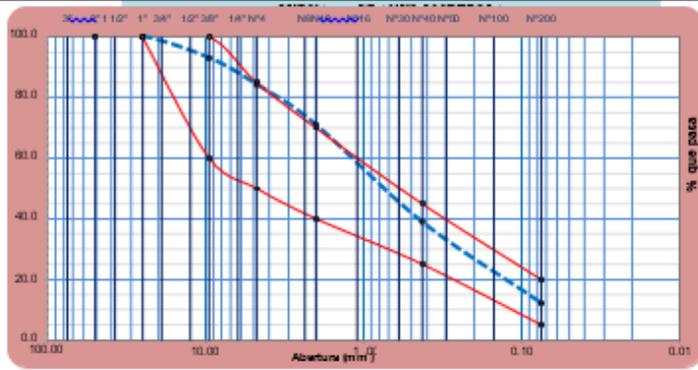


Muestra de suelo de subrasante más 5% de zeolita.

 <p>GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L. Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto</p> <p>Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, Li-17</p>					
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"				
UBICACIÓN	: Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua				
SOLICITANTE	: EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE				
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				
CALICATA	: Material propio de la sub rasante más adición de 5% de Zeolitas				
FECHA	: viernes, 13 de Octubre de 2023				
	<table border="1"> <tr> <td>FECHA MUESTREC</td> <td>18/07/2023</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE ENSAYO</td> <td>22/07/2023</td> </tr> </table>	FECHA MUESTREC	18/07/2023	FECHA DE ENSAYO	22/07/2023
FECHA MUESTREC	18/07/2023				
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023				

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices A ITM	Apertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcelal	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación D A ITM M-147	Descripción de la Muestra
							Peso Reten. # 4 : 880.00 gr.
							Peso Past. # 4 : 4738.00 gr.
							Limite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 25.63 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 15.61 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 10.21 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	Clasificación
3/4"	19.000	144.00	2.56	2.56	97.44		AASHTO : A-2-4/a-2-5
3/8"	9.500	248.00	4.41	6.98	93.02	60 100	SUCS : SM
Nº4	4.750	488.00	8.69	15.66	84.34	50 85	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	742.00	13.21	28.87	71.13	40 70	D10 : 0.08
Nº20	0.840	1,314.00	23.39	52.26	47.74		D30 : 0.22
Nº40	0.425	482.00	8.58	60.84	39.16	25 45	D60 : 1.45
Nº60	0.250	402.00	7.16	68.00	32.00		Cc : 0.47
Nº100	0.150	450.00	8.01	76.01	23.99		Cu : 19.31
Nº200	0.075	650.00	11.57	87.58	12.42	5 20	% de Grava : 15.664 %
Fondo		698.00	12.42	100.00			% de Arena : 71.912 %
TOTAL		6818.00	100.00				% de Fines : 12.42 %



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Ing. Rommel Chuzand Ay
CIP 184092
Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
---	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz83, Lt-17

OBRA : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACION : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua
SOLICITANTE : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material propio de la sub rasante más adición de 5% de Zeolitas

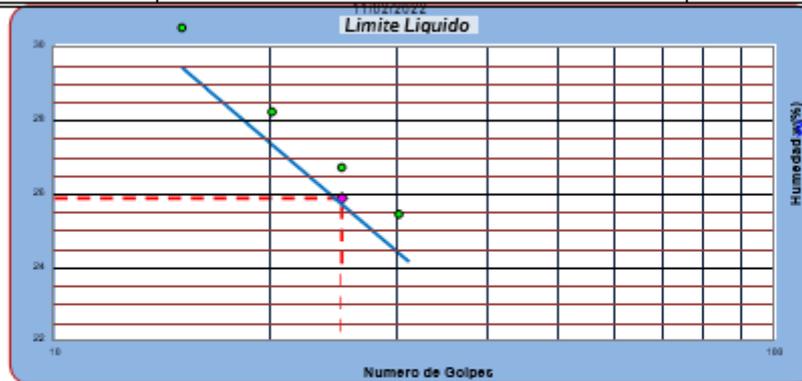
FECHA DE EMISIÓN: 18/07/2023

FECHA : viernes, 13 de Octubre de 2023

FECHA DE EXPIRACIÓN: 22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318, MTC E-110-111

Determinación del Límite Plástico		ASTM D-4318, AA SHTO T-90			
ENSAYO N°	01	02	03		
Recipiente N°	8	9	10		
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.64	29.18	29.91		
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.41	29.12	29.47		
Peso de agua	0.25	0.08	0.44		
Peso Recipiente	28.10	27.70	27.60		
Peso de Suelo Seco	1.31	1.42	1.87		
% de Humedad	19.08	4.23	23.53		
Límite Plástico (%)	15.81				
Determinación del Límite Líquido		ASTM D-4318, AA SHTO T-99			
ENSAYO N°	01	02	03	04	
Recipiente N°	10	16	14	12	
Numero de Golpes	20	15	30	25	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.15	48.07	41.55	48.32	
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.51	42.00	38.80	42.60	
Peso de agua	2.64	4.07	2.75	3.72	
Peso Recipiente	27.79	28.18	27.52	28.10	
Peso de Suelo Seco	9.72	13.82	11.28	14.50	
% de Humedad	27.16	29.45	24.38	25.66	
Límite Líquido (%)	25.83				
Índice de Plasticidad (%)	10.21				



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARININA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto



ELABORADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARININA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
--	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mo83, Lt-17

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA

CALCATA
UBICACIÓN
SOLICITA
UNIVERSIDAD
MUESTRA

FECHA

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023
 : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departam
 : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE
 : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 : Material propio de la subrasante mas adición 5% Zeolita

(Ctrl) ▾

FECHA DE ENSAYO 25/07/2023

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	g	10850.0	11045.0	11015	10611.5				
PESO DEL MOLDE	g	6374.2	6374.2	6374.2	6374.2				
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	4475.8	4670.8	4640.8	4237.3				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2124.9	2124.9	2124.9	2124.9				
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.106	2.198	2.184	1.994				
Nº DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	g	37.990	36.090	55.530	30.660	47.200	35.310	31.980	44.700
PESO MUESTRA SECA + TARA	g	36.600	34.760	53.300	29.370	45.160	33.710	29.700	42.250
PESO DE LA TARA	g	2.660	2.670	2.740	2.690	2.710	2.680	2.670	2.740
PESO DEL AGUA	g	1.390	1.330	2.230	1.290	2.040	1.600	1.680	2.450
PESO MUESTRA SECA	g	33.940	32.090	50.560	26.680	42.450	31.030	27.030	39.510
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.10	4.14	4.41	4.84	4.81	5.16	6.22	6.20
HUMEDAD PROMEDIO	%	4.12		4.62		4.98		6.21	
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.023		2.105		2.084		1.877	



Densidad Máxima Seca : 2.105 gr/cm³.
 Humedad Optima : 4.74 %



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Roman Chana
 CP 10002
 Jefe de Laboratorio de Suelos





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Ute, Los Angeles Ma. S3, L3-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

COMPACTACION : TIPO C

MUESTRA : Material propio de la subrasante mas adición 5% Zeolita

FECHA : 29/07/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

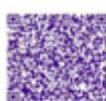
MUESTRA	01				02				03				
N° DE GOLPES	56				25				10				
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		
Peso del molde + suelo humedo	or:	12254.7	12349.9	12028.2	12142.5	11781.7	12016.9						
Peso del molde	or:	7310.5	7310.5	7148	7148	7139.9	7139.9						
Peso del suelo humedo	or:	4944.2	5039.4	4880.2	4994.5	4641.8	4877						
Volumen del suelo	cm ³ :	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9						
Densidad humeda	gr/cc:	2.328	2.373	2.298	2.352	2.186	2.296						
Humedad	%	4.97		9.13		6.80							
Densidad seca	gr/cc:	2.218		2.105		2.046							
IDENTIFICACION DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	or:	46.22	57.25			60.66	61.88			45.78	55.25		
Peso tara + suelo seco	or:	44.75	53.95			54.82	45.88			42.96	51.98		
Peso de la tara	or:	2.68	2.68			2.70	2.70			2.66	2.66		
Peso del agua	or:	1.470	3.300			5.050	3.040			2.740	3.350		
Peso de las solidas	or:	42.678	51.270			52.110	43.160			40.200	49.240		
humedad	%	3.49	6.44			11.23	7.04			6.80	6.80		
Promedio de humedad	%	4.97		9.13		6.80							

EXPANSION

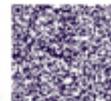
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/07/2023	09:30: pm	24	0			0			1		
26/07/2023	09:40: pm	40	0			1			1		
27/07/2023	09:50: pm	72	0			1			1		

PENETRACION

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA N° 01				MUESTRA N° 02				MUESTRA N° 03			
	LECTURA DMA	CORRECCION			LECTURA DMA	CORRECCION			LECTURA DMA	CORRECCION		
		Libras	Zb/Pa (q. Z.)			Libras	Zb/Pa (q. Z.)			Libras	Zb/Pa (q. Z.)	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.008	20	158.1	52.7	68	11	86.9	29.0	54.0	5	39.5	13.2	31.0
0.023	60	474.2	158.1	180	60	474.2	158.1	160.0	22	173.9	58.0	101.0
0.040	110	869.4	289.8	300	85	671.8	223.9	255.0	45	355.7	118.6	154.0
0.064	160	1264.6	421.5	450	120	948.4	316.1	365.0	68	537.4	179.1	210.0
0.100	240	1896.8	632.3	645	163	1288.3	429.4	485.0	92	727.1	242.4	271.0
0.158	340	2687.2	895.7	910	225	1778.3	592.8	640.0	118	932.6	310.9	346.0
0.228	420	3319.5	1106.5	1150	276	2181.4	727.1	775.0	142	1122.3	374.1	416.0
0.291	480	3793.7	1264.6	1300	315	2489.6	829.9	875.0	158	1248.8	416.3	461.0
0.378	540	4267.9	1422.6	1450	355	2805.8	935.3	975.0	175	1383.1	461.0	505.0
0.500	580	4594.0	1528.0	1560	380	3003.3	1001.1	1030.0	192	1517.5	505.8	555.0



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NIÑA
Técnicos de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



PROYECTO : Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma83, L1-17
"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera No-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

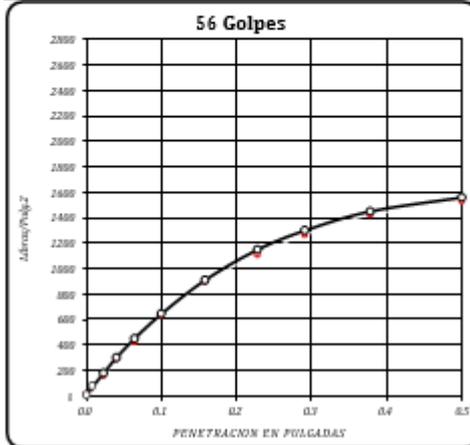
SOLICITA : Ing. Bachiller **EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE**

UNIVERSIDAD : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**

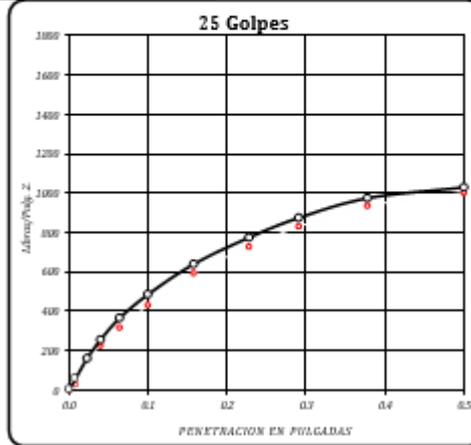
MUESTRA : Material propio de la subrasante mas adición 5% Zeolita

COMPACTACION : TIPO C
FECHA : 29/07/2023

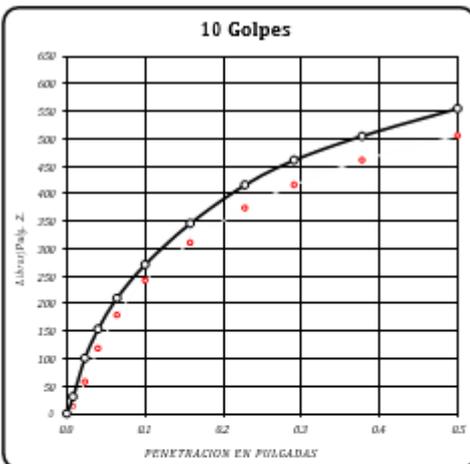
ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73



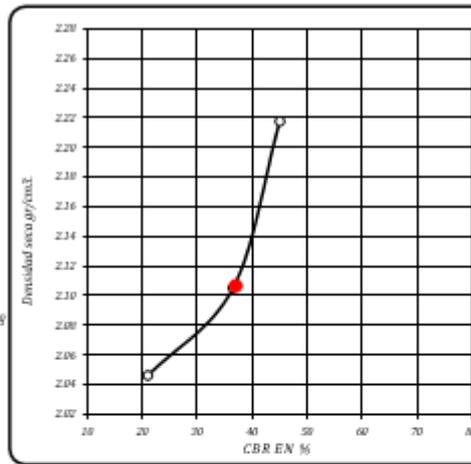
DENSIDAD SECA = 2.220 gr/cm³,
 CBR a 0.1% = 20.00 %
 CBR a 0.2% = 34.00 %



DENSIDAD SECA = 2.105 gr/cm³,
 CBR a 0.1% = 22.52 %
 CBR a 0.2% = 26.00 %



DENSIDAD SECA = 2.05 gr/cm³,
 CBR a 0.1% = 21 %
 CBR a 0.2% = 23 %



RESULTADOS DEL ENSAYO:

CONDICIÓN	CBR	DENSIDAD
CBR CON 56 GOLPES	20.00 %	2.22 gr/cm ³
CBR CON 25 GOLPES	22.52 %	2.11 gr/cm ³
CBR CO 10 GOLPES	21.0 %	2.05 gr/cm ³
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX	20.00 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX	22.52 %	



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

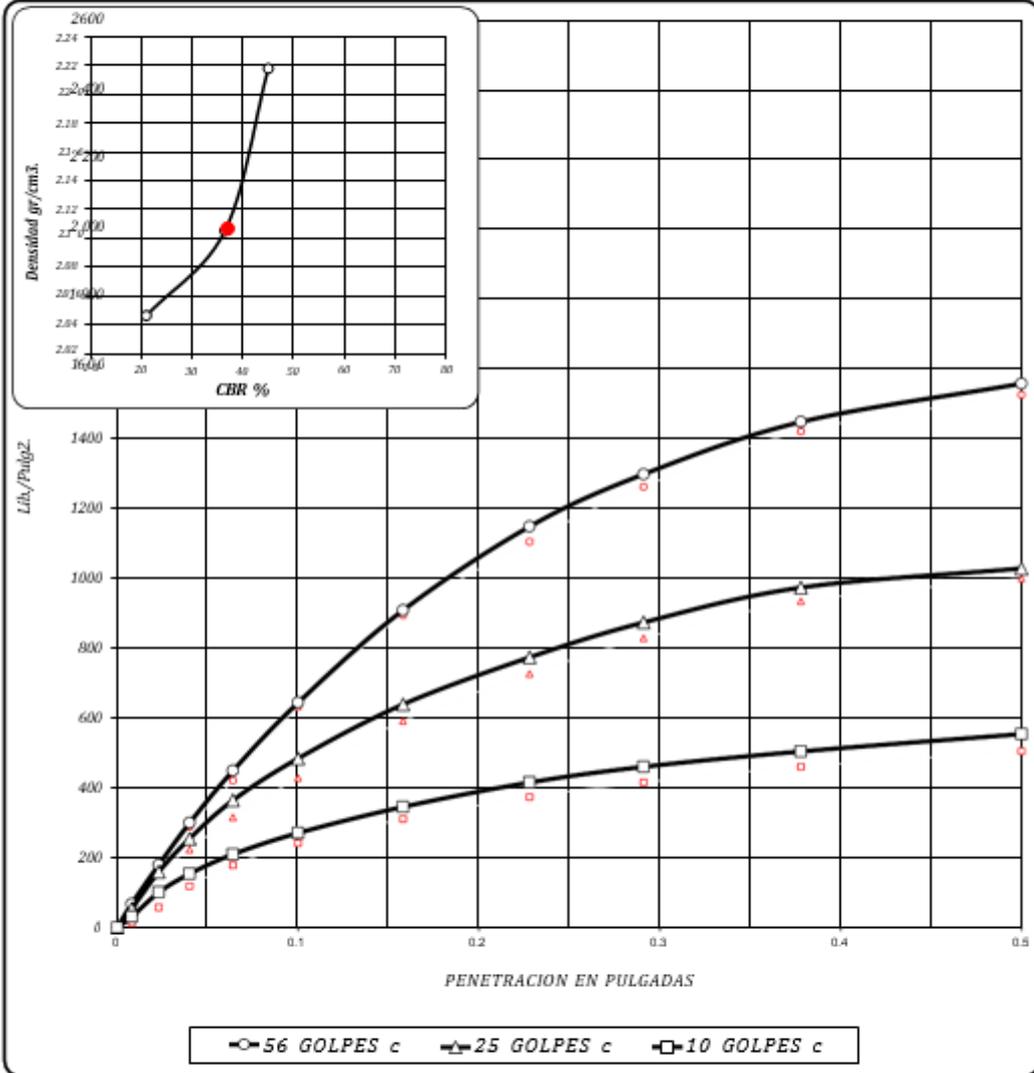
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA : Material propio de la subrasante mas adición 5% Zeolita

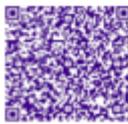
COMPACTACION : TIPO C

FECHA : 29/07/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73



56 GOLFES	25 GOLFES	10 GOLFES	CBR DE DISEÑO
DENSIDAD SECA = 2.22 gr/cm ³	DENSIDAD SECA = 2.21 gr/cm ³	DENSIDAD SECA = 2.05 gr/cm ³	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 20.00 %
CBR a 0.1" = 20.00 %	CBR a 0.1" = 22.52 %	CBR a 0.1" = 21.0 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX = 22.52 %
CBR a 0.2" = 34.00 %	CBR a 0.2" = 26.00 %	CBR a 0.2" = 23.1 %	



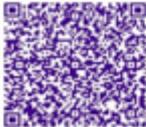
Muestra de suelo de subrasante más 10% de zeolita.

 <p>GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L. Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto</p> <p style="font-size: small;">Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma-83, Li-17</p>					
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"				
UBICACIÓN	: Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua				
SOLICITANTE	: EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE				
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				
MUESTRA	: Material propio de la sub rasante más adición de 10% de Zeolitas				
FECHA	: viernes, 13 de Octubre de 2023				
	<table border="1"> <tr> <td>FECHA MUESTREO</td> <td>18/07/2022</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE ENSAYO</td> <td>22/07/2022</td> </tr> </table>	FECHA MUESTREO	18/07/2022	FECHA DE ENSAYO	22/07/2022
FECHA MUESTREO	18/07/2022				
FECHA DE ENSAYO	22/07/2022				

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices A ITM	Apertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Porcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación D A ITM M-147	Descripción de la Muestra
							Peso Reten. #4 : 922.00 gr.
							Peso Past. #4 : 466.00 gr.
							Límite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 26.10 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 17.22 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 8.88 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Clasificación
3/4"	18.000	134.00	2.49	2.49	97.51		AASHTO : A-2-4/8-2-5
3/8"	9.500	264.00	4.90	7.39	92.61	60	USCS : SM
Nº4	4.750	524.00	9.73	17.11	82.89	50	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	718.00	13.33	30.44	69.56	40	D10 : 0.08
Nº20	0.840	1,428.00	26.50	56.94	43.06		D30 : 0.33
Nº40	0.425	478.00	8.87	65.81	34.19	25	D60 : 1.58
Nº60	0.250	422.00	7.83	73.65	26.35		Cc : 0.93
Nº100	0.150	128.00	2.38	76.02	23.98		Cu : 21.09
Nº200	0.075	638.00	11.84	87.86	12.14	5	% de Grava : 17.112 %
Fondo		654.00	12.14	100.00			% de Arena : 70.750 %
TOTAL		5388.00	100.00				% de Finos : 12.14 %





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Parinina
GERMAN PARININA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto



LABORATORIO GEOTECNIA
PERÚ - OTUSAY



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARININA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO D. DE SUELOS	APROBADO POR:
---	---	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma83, Lt-17

OBRA : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACION : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITANTE : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

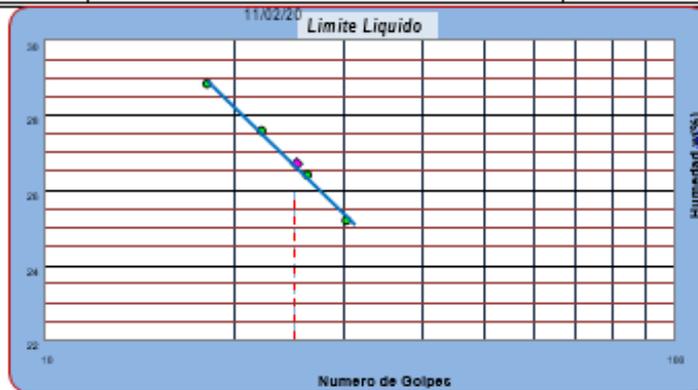
UNIVERSIDAD : UNIVER SIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA : Material propio de la sub rasante más adición de 10% de Zeolitas

FECHA : viernes, 13 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	18/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA					
ASTM D 4318, MTC E-110-111					
Determinación del Límite Plástico			ASTM D-4318, AA SHTO T-90		
EN SAYO N°	01	02	03		
Recipiente N°	4	5	6		
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.77	29.20	29.89		
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.50	28.95	29.47		
Peso de agua	0.27	0.25	0.42		
Peso Recipiente	27.50	27.51	27.45		
Peso de Suelo Seco	2.00	1.44	2.02		
% de Humedad	13.50	17.36	20.79		
Límite Plástico (%)	17.22				
Determinación del Límite Líquido			ASTM D-4318, AA SHTO T-89		
EN SAYO N°	01	02	03	04	
Recipiente N°	10	16	14	12	
Numero de Golpes	22	18	30	26	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.18	45.96	41.53	46.19	
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.55	42.05	38.82	42.50	
Peso de agua	2.63	3.91	2.71	3.69	
Peso Recipiente	27.80	28.20	27.80	28.20	
Peso de Suelo Seco	9.75	13.85	11.02	14.30	
% de Humedad	26.97	28.23	24.59	25.80	
Límite Líquido (%)	28.10				
Índice de Plasticidad (%)	228.88				



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Rommel Chacabarro Ayala
 CIP 10000
 Jefe de Laboratorio de Suelos



ELABORADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
---	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto

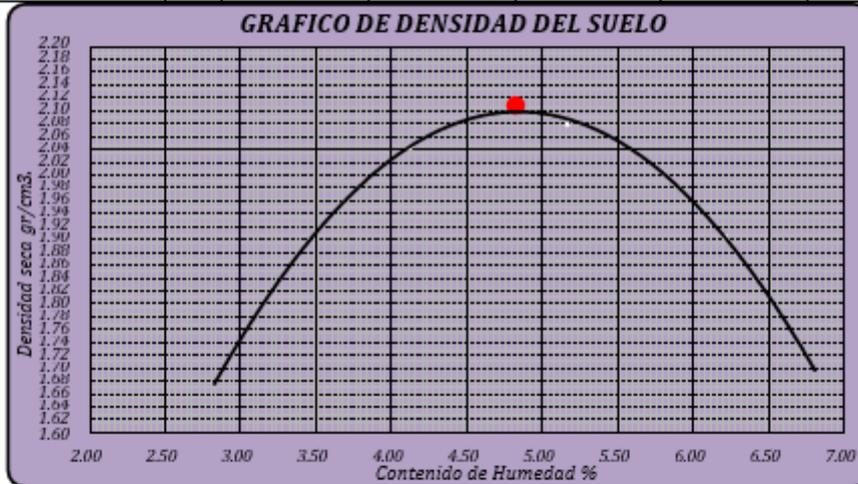


Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma83, L1-17

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557
CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA

CALICATA : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO,
UBICACIÓN : ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"
SOLICITA : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua
UNIVERSIDAD : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE
MUESTRA : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : Material propio de la subrasante mas adición 10% Zeolita
FECHA DE ENSAYO : viernes, 13 de Octubre de 2023 25/07/2023

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	g	10990.0		11067.1		11016.8		10671.4	
PESO DEL MOLDE	g	6374.2		6374.2		6374.2		6374.2	
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	4515.8		4692.9		4642.6		4297.2	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2123.9		2123.9		2123.9		2123.9	
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.126		2.210		2.186		2.023	
WATER TARA		1	2	3	4	5	6	7	8
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	g	37.990	36.090	55.730	30.660	47.340	35.320	31.380	44.700
PESO MUESTRA SECA + TARA	g	36.600	34.760	53.300	29.370	45.160	33.710	29.700	42.250
PESO DE LA TARA	g	2.660	2.670	2.740	2.690	2.710	2.680	2.670	2.740
PESO DEL AGUA	g	1.390	1.330	2.430	1.290	2.180	1.610	1.680	2.450
PESO MUESTRA SECA	g	33.940	32.090	50.560	26.680	42.450	31.030	27.030	38.510
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.10	4.14	4.81	4.84	5.14	5.19	6.22	6.20
HUMEDAD PROMEDIO	%	4.12		4.82		5.16		6.21	
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.043		2.108		2.079		1.905	



Densidad Máxima Seca : 2.108 gr/cm³.
 Humedad Optima : 4.82 %



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GERMAN PARI NIÑA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Rommel Coronado
 CIP 10522
 Jefe de Laboratorio de Suelos





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, L1-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA : Material propio de la subrasante mas adición 10% Zeolita

COMPACTACION : TIPO C

FECHA : 1/08/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

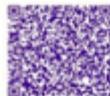
MUESTRA	01				02				03			
Nº DE GOLPES	56				25				10			
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	12254.7		12349.9		12028.2		12142.5		11781.7		12016.9	
Peso del molde	7310.5		7310.5		7148		7148		7139.9		7139.9	
Peso del suelo humedo	4944.2		5039.4		4880.2		4994.5		4641.8		4877	
Volumen del suelo	2123.9		2123.9		2123.9		2123.9		2123.9		2123.9	
Densidad humeda	2.328		2.373		2.298		2.352		2.186		2.296	
Humedad	4.94				9.01				6.77			
Densidad seca	2.218				2.108				2.047			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	46.27	57.27			40.65	48.02			45.68	55.22		
Peso tara + suelo seco	44.76	53.99			34.02	45.07			42.95	51.09		
Peso de la tara	2.60	2.60			2.79	2.79			2.85	2.85		
Peso del agua	1.470	3.280			5.830	2.950			2.730	3.330		
Peso de los solidos	42.080	51.310			52.120	43.170			40.380	49.240		
humedad	3.49	6.39			11.19	6.83			6.77	6.76		
Promedio de humedad	4.94				9.01				6.77			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
25/07/2023	11:05:pm	24	0			1			1		
26/07/2023	11:15:pm	40	0			1			1		
27/07/2023	11:25:pm	72	1			1			2		

PENETRACION

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA Nº 01				MUESTRA Nº 02				MUESTRA Nº 03			
	LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION			LECTURA DIAL	CORRECCION		
		Libras	Lb/Pulg.2.			Libras	Lb/Pulg.2.			Libras	Lb/Pulg.2.	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.008	25	197.6	65.9	90	25	197.6	65.9	68.0	7	53.2	18.4	41.0
0.023	55	434.7	144.9	210	60	474.2	158.1	180.0	26	205.5	68.5	102.0
0.040	115	908.9	303.0	330	79	624.4	208.1	280.0	46	363.6	121.2	160.0
0.064	168	1327.8	442.6	480	115	908.9	303.0	400.0	68	537.4	179.1	220.0
0.100	245	1936.4	645.5	670	160	1264.6	421.5	530.5	95	750.8	250.3	285.0
0.158	345	2726.7	908.9	940	220	1738.8	579.6	680.9	120	948.4	316.1	360.0
0.228	435	3438.0	1146.0	1180	270	2134.0	711.3	810.9	145	1146.0	382.0	425.0
0.291	510	4030.8	1343.6	1370	305	2410.6	803.5	915.6	160	1264.6	421.5	465.0
0.378	580	4584.0	1528.0	1565	350	2766.2	922.1	1017.2	175	1383.1	461.0	500.0
0.500	645	5097.8	1699.3	1735	390	3082.4	1027.5	1148.6	192	1517.5	505.8	530.0



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NIÑA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



PROYECTO : Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, Lt-17
: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamentos de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

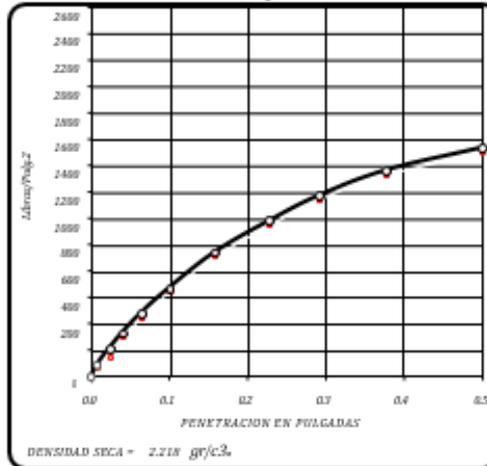
CANTERA : Material propio de la subrasante mas adición 10% Zeolita

COMPACTACION : TIPO C

FECHA : 1/08/2023

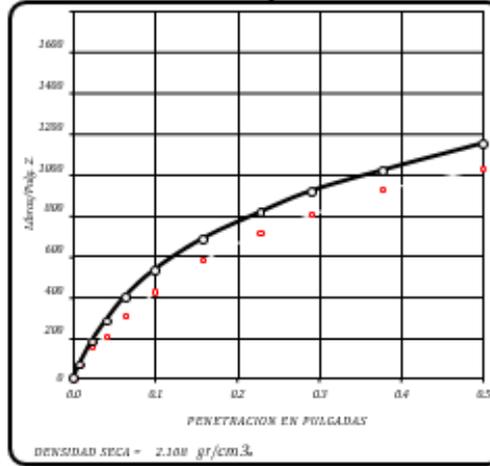
ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

56 Golpes



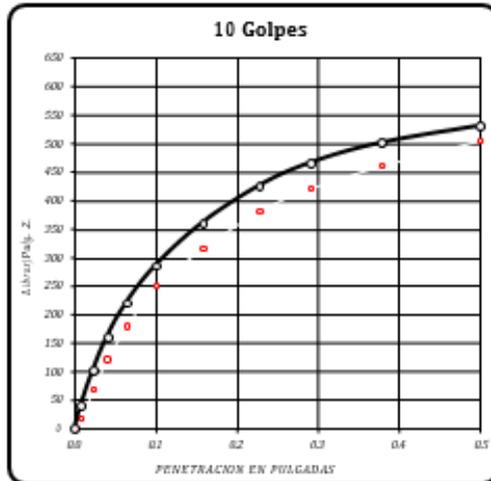
CBR a 0.1" = 45.00 %
CBR a 0.2" = 48.00 %

25 Golpes

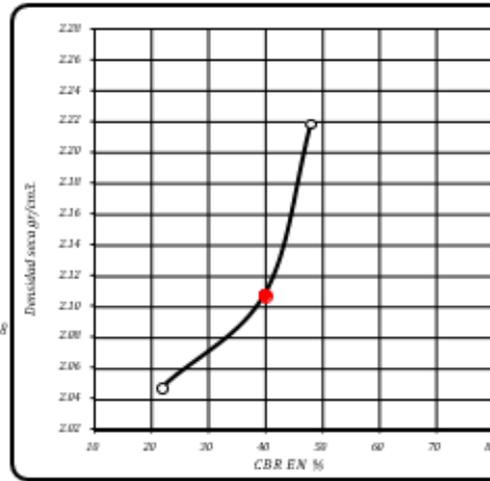


CBR a 0.1" = 48.00 %
CBR a 0.2" = 42.00 %

10 Golpes



CBR a 0.1" = 32. %
CBR a 0.2" = 34. %



RESULTADOS DEL ENSAYO:

CONDICIÓN	CBR (%)	DENSIDAD (gr/cm³)
CBR CON 56 GOLPES =	45.00 %	2.22 gr/cm ³
CBR CON 25 GOLPES =	40.00 %	2.11 gr/cm ³
CBR CO 10 GOLPES =	32.0 %	2.05 gr/cm ³
CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =	42.00 %	
CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =	40.00%	



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NIÑA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - OIB, Los Angeles Ma-83, L1-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

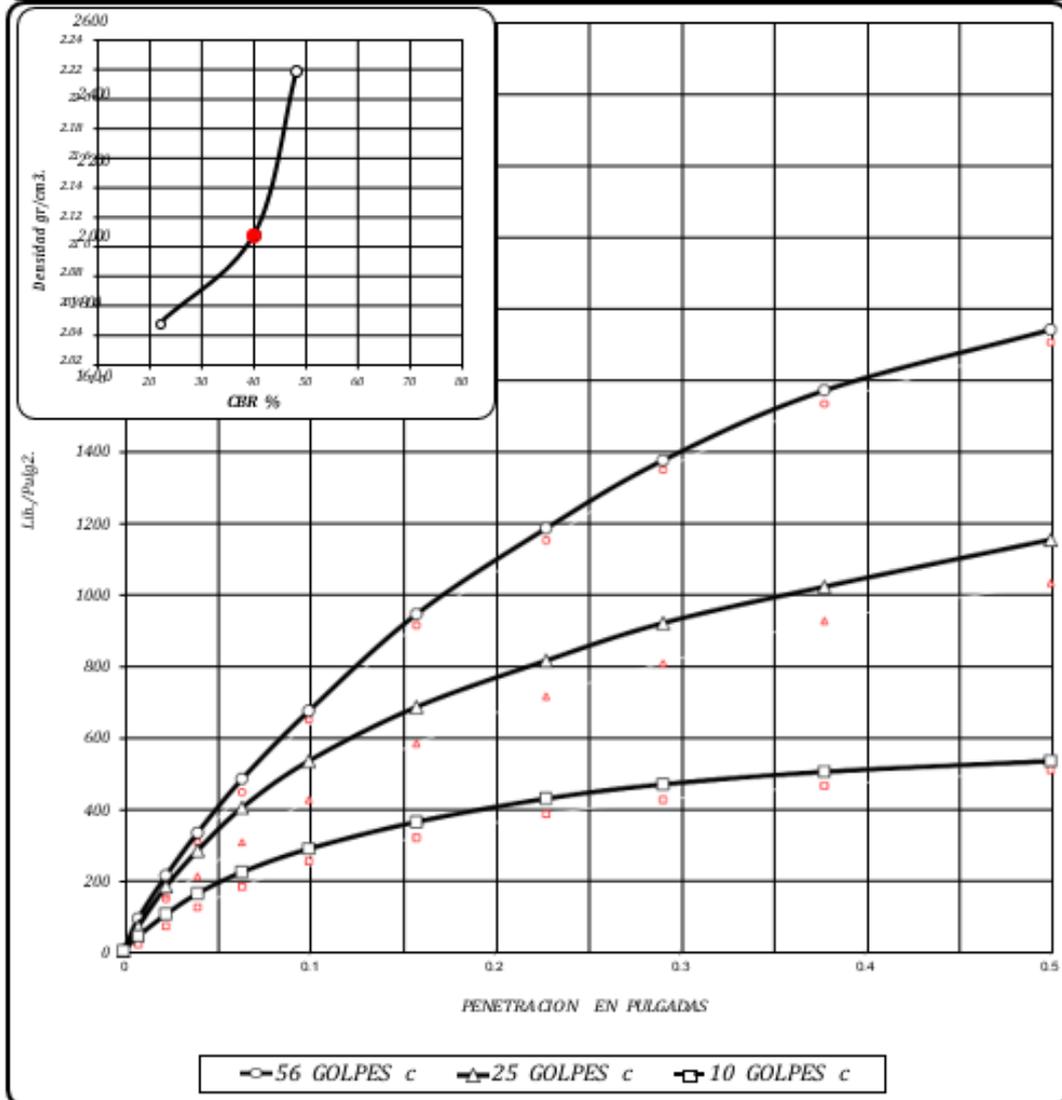
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material propio de la subrasante mas adición 10% Zeolita

COMPACTACION : TIPO C

FECHA : 1/08/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73



56 GOLFES	25 GOLFES	10 GOLFES	CBR DE DISEÑO	
DENSIDAD SECA = 2.22 gr/cm ³	DENSIDAD SECA = 2.11 gr/cm ³	DENSIDAD SECA = 2.05 gr/cm ³	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =	42.00 %
CBR a 0.1" = 45.00 %	CBR a 0.1" = 46.00 %	CBR a 0.1" = 32.0 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =	40.00 %
CBR a 0.2" = 40.00 %	CBR a 0.2" = 42.00 %	CBR a 0.2" = 34.0 %		



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NIÑA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto



Muestra de suelo de subrasante más 15% de zeolita.



OBRA : "MEJORAMIENTO DE LA \$ PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO-ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITANTE : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

PROPIETARIO : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

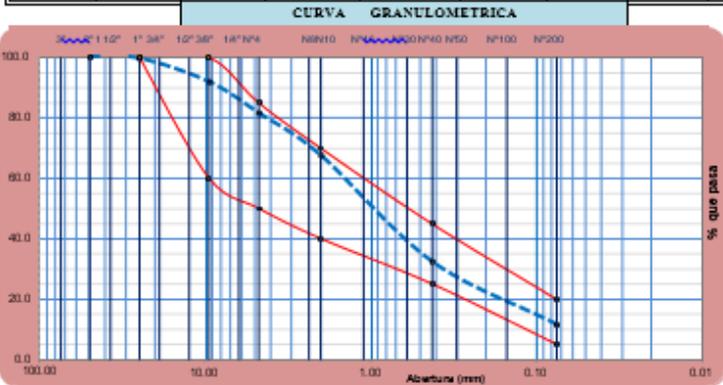
CANTERA : Material propio de la sub rasante más adición de 15% de Zeolitas

FECHA : viernes, 13 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	18/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices A ITM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación D A ITM W-147	Descripción de la Muestra
							Peso Reten. #4 : 950.00 gr.
							Peso Past. #4 : 4214.00 gr.
							Límite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 25.96 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 19.85 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LP. : 6.11 %
1"	25.000	25.00	0.48	0.48	99.52	100	Clasificación
3/4"	19.000	136.00	2.63	3.12	96.86		AASHTO : A-2-4/a-2-5
3/8"	9.500	259.00	5.02	8.13	91.87	60	SUCS : SM
Nº4	4.750	530.00	10.26	18.40	81.60	50	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	718.00	13.90	32.30	67.70	40	D10 : 0.08
Nº20	0.840	1,360.00	26.34	58.64	41.36		D30 : 0.36
Nº40	0.425	445.00	8.62	67.25	32.75	25	D60 : 1.66
Nº60	0.250	412.00	7.98	75.23	24.77		Cc : 1.07
Nº100	0.150	145.00	2.81	78.04	21.96		Cu : 22.14
Nº200	0.075	514.00	9.95	87.99	12.01	5	% de Grava : 16.387 %
Fondo		620.00	12.01	100.00			% de Arena : 69.587 %
TOTAL		6184.00	100.00				% de Finos : 12.01 %



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

German P. Nina

GERMAN PARI NINA

Técnico de Lab. Suelos y Concreto

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO GEOTECNIA

PERÚ - OTUSAY

REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO, DE SUELOS	APROBADO POR:
---	---	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, Ll-17

OBRA "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO-ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACION : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITANTE : Ing. Bachiller EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

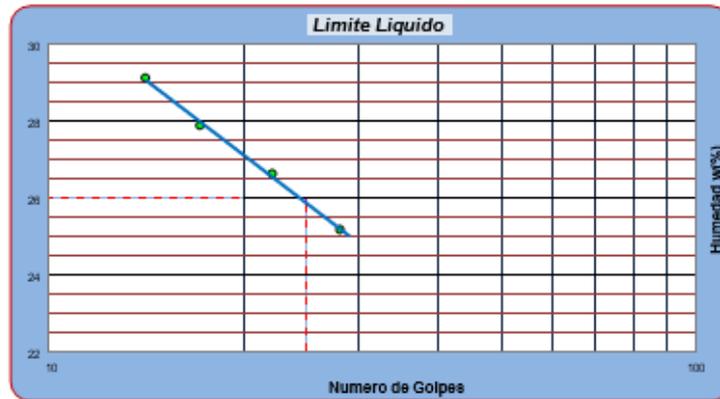
PROPIETARIO : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material propio de la sub rasante más adición de 15% de Zeolitas

FECHA : viernes, 13 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	18/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA					
ASTM D 4318, MTC E-110-III					
Determinación del Limite Plástico ASTM D-4318, AASHTO T-90					
ENSAYO N°	01	02	03		
Recipiente N°	10	11	12		
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.77	29.20	29.89		
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.39	28.86	29.41		
Peso de agua	0.38	0.24	0.48		
Peso Recipiente	27.45	27.49	27.40		
Peso de Suelo Seco	1.94	1.47	2.01		
% de Humedad	19.34	16.33	23.88		
Limite Plástico (%)	19.85				
Determinación del Limite Liquido ASTM D-4318, AASHTO T-89					
ENSAYO N°	01	02	03	04	
Recipiente N°	10	16	14	12	
Numero de Golpes	17	14	28	22	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.17	46.00	41.55	46.39	
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.49	42.00	38.80	42.60	
Peso de agua	2.68	4.00	2.75	3.79	
Peso Recipiente	27.90	28.30	27.90	28.40	
Peso de Suelo Seco	9.59	13.70	10.90	14.20	
% de Humedad	27.95	29.18	25.23	26.69	
Limite Liquido (%)	25.96				
Indice de Plasticidad (%)	6.11				



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Humberto Chacabarro
 CIP 15100
 Jefe de Laboratorio de Suelos



ELABORADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
---	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto

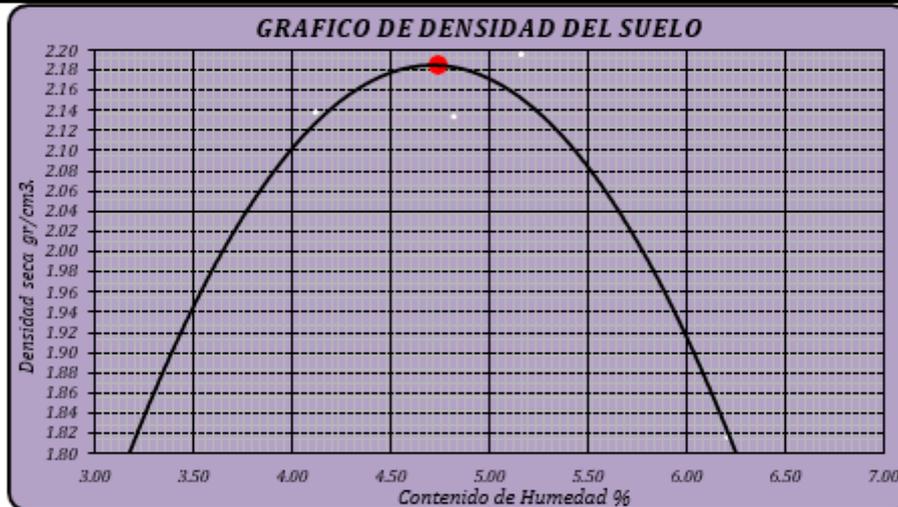


Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Uti. Los Angeles 1283, L1-17

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - ASTM D 1557 CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA COMPACTADA

CALICATA : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO-ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"
UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua
SOLICITA : EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CALICATA : Material propio de la subrasante mas edición 15% Zeolita
FECHA : viernes, 13 de Octubre de 2023 **FECHA DE ENSAYO** 25/07/2023

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	g	31101.4	11124.2	11276.8	10471.5				
PESO DEL MOLDE	g	6374.2	6374.2	6374.2	6374.2				
PESO MUESTRA HÚMEDA	g	4727.2	4750.0	4902.6	4097.3				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9				
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.226	2.236	2.308	1.929				
Nº DE TARA		1	2	3	4	5	6	7	8
DETERMINACIÓN		SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	g	37.990	36.090	55.730	30.660	47.340	35.320	31.380	44.700
PESO MUESTRA SECA + TARA	g	36.600	34.760	53.300	29.370	45.160	33.710	29.700	42.250
PESO DE LA TARA	g	2.660	2.670	2.740	2.690	2.710	2.680	2.670	2.740
PESO DEL AGUA	g	1.390	1.370	2.430	1.290	2.180	1.610	1.680	2.450
PESO MUESTRA SECA	g	33.940	32.090	50.560	26.680	42.450	31.030	27.030	39.510
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.10	4.14	4.81	4.84	5.14	5.19	6.22	6.20
HUMEDAD PROMEDIO	%		4.12		4.82		5.16		6.21
DENSIDAD SECA	g/cm ³		2.138		2.134		2.196		1.816



Densidad Máxima Seca : 2.185 gr/cm³.
 Humedad Optima : 4.74 %



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GERMAN PARI NIÑA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Rommel Churruarín
 CIP 12037
 Jefe de Laboratorio de Suelos





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estado de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en movimiento de tierras - Gb. Los Angeles Ma83, U-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACION : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua

SOLICITA : Ing. Bachiller EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

COMPACTACION : TIPO C

MOUESTRA : Material granio de la subrasante mas adicion 15% Zeolita

FECHA : 29/07/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

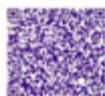
MUESTRA	01		02		03							
	56		25		10							
N° DE GOLPES	56		25		10							
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO						
Peso del molde + suelo húmedo	gr. 12254.7	12349.9	12028.2	12142.5	11781.7	12016.9						
Peso del molde	gr. 7310.5	7310.5	7148	7148	7139.9	7139.9						
Peso del suelo húmedo	gr. 4944.2	5039.4	4880.2	4994.5	4641.8	4877						
Volumen del suelo	cm ³ 2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9	2123.9						
Densidad húmeda	gr./cm ³ 2.328	2.373	2.298	2.352	2.186	2.296						
Humedad	% 4.94		9.01		6.77							
Densidad seca	gr./cm ³ 2.218		2.108		2.047							
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo húmedo	gr. 46.27	57.27			60.65	48.02			45.68	55.22		
Peso tara + suelo seco	gr. 44.76	53.99			54.02	45.07			42.95	51.89		
Peso de la tara	gr. 2.68	2.68			2.70	2.70			2.65	2.65		
Peso del agua	gr. 1.470	3.280			5.830	2.950			2.730	3.330		
Peso de los sólidos	gr. 42.080	51.310			52.120	43.170			40.300	49.240		
humedad	% 3.49	6.39			11.19	6.83			6.77	6.76		
Promedio de humedad	% 4.94				9.01				6.77			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
25/07/2023	13:05 pm	24	0			0			0		
26/07/2023	13:10 pm	40	0			1			1		
27/07/2023	13:15 pm	72	1			2			2		

PENETRACION

PENETRACION EN PULGADAS	MUESTRA N° 01					MUESTRA N° 02					MUESTRA N° 03					
	LECTURA DIAL	CORRECCION				LECTURA DIAL	CORRECCION				LECTURA DIAL	CORRECCION				
		Libras	Lb/Pulg.2				Libras	Lb/Pulg.2				Libras	Lb/Pulg.2			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.008	30	237.1	79.0	70	25	197.6	65.9	58.0	5	71.1	23.7	40.0				
0.023	80	632.3	210.8	180	50	395.2	131.7	160.0	25	197.6	65.9	100.0				
0.040	125	987.9	329.3	305	90	711.3	237.1	270.0	44	347.8	115.9	160.0				
0.064	175	1383.1	461.0	468	140	1106.5	368.8	420.0	69	545.3	181.8	225.0				
0.100	260	2054.9	685.0	660	195	1541.2	513.7	555.0	94	742.9	247.6	300.0				
0.158	330	2608.2	869.4	930	245	1936.4	645.5	704.0	120	948.4	316.1	390.0				
0.228	420	3319.5	1106.5	1180	290	2292.0	764.0	821.0	145	1146.0	382.0	460.0				
0.291	500	3951.8	1317.3	1350	325	2568.6	856.2	917.0	160	1264.6	421.5	510.0				
0.378	600	4742.1	1580.7	1480	352	2782.0	927.3	1020.0	178	1406.8	468.9	560.0				
0.500	748	5911.8	1970.6	1600	379	2995.4	998.5	1150.0	189	1493.8	497.9	610.0				



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GERMAN GARRINHA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto



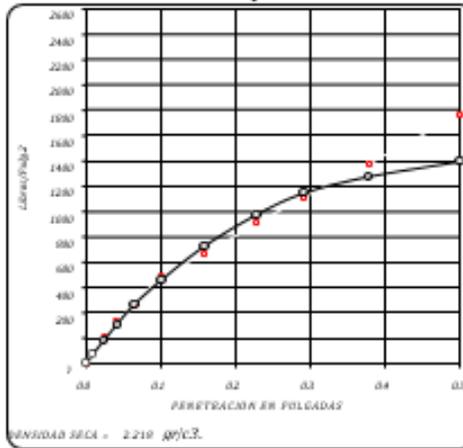


PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA R.O. ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"
UBICACIÓN : Carretera Ro-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamento de Moquegua
SOLICITA : Ing. Bachiller EDWIN JOSE MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Material propio d : Material propio de la subrasante mezcla adición 15% Zeólita

COMPACTACION : TIPO C
FECHA : 29/07/2023

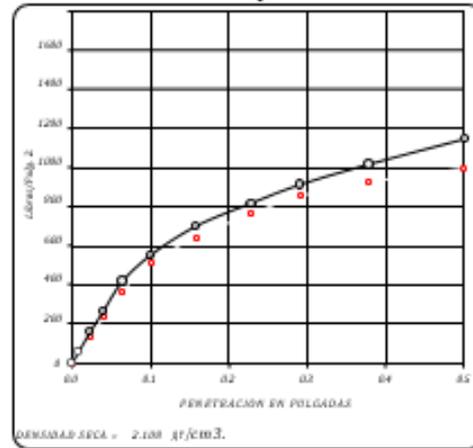
ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73

56 Golpes



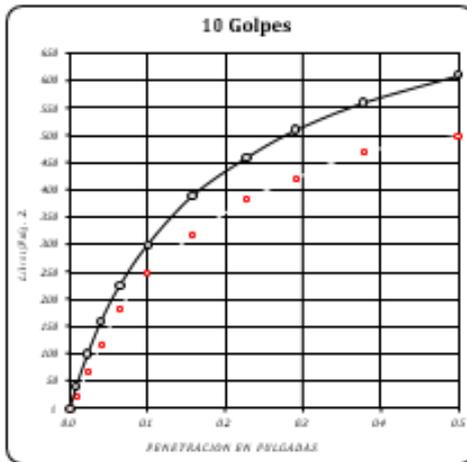
CBR a 0.1" = 48.10 %
 CBR a 0.2" = 52.00 %

25 Golpes

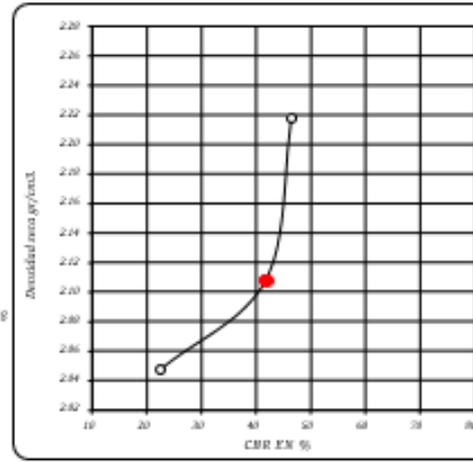


CBR a 0.1" = 44.20 %
 CBR a 0.2" = 47.00 %

10 Golpes

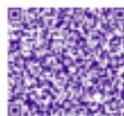


CBR a 0.1" = 26.00 %
 CBR a 0.2" = 28.00 %

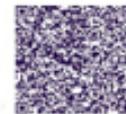


RESULTADOS DEL ENSAYO:

CBR CON	CBR EN %	DENSIDAD
56 GOLPES	48.10 %	2.22 gr/cm ³
25 GOLPES	44.20 %	2.11 gr/cm ³
10 GOLPES	26.00 %	2.05 gr/cm ³
CBR a 100% DE DENSIDAD SECA MAX.	49.10 %	
CBR a 95% DE DENSIDAD SECA MAX.	44.30 %	



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GEOMANUELA NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto





PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ILO, ALGARROBAL USANDO ZEOLITAS NATURALES, MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN : Carretera Ilo-Algarrobal del Distrito del Algarrobal, Provincia de Ilo y departamentos de Moquegua

SOLICITA : Ing. Bachiller EDWIN JOEL MAMANI MAMANI, FLOR ELIZABETH CHANA LLANQUE

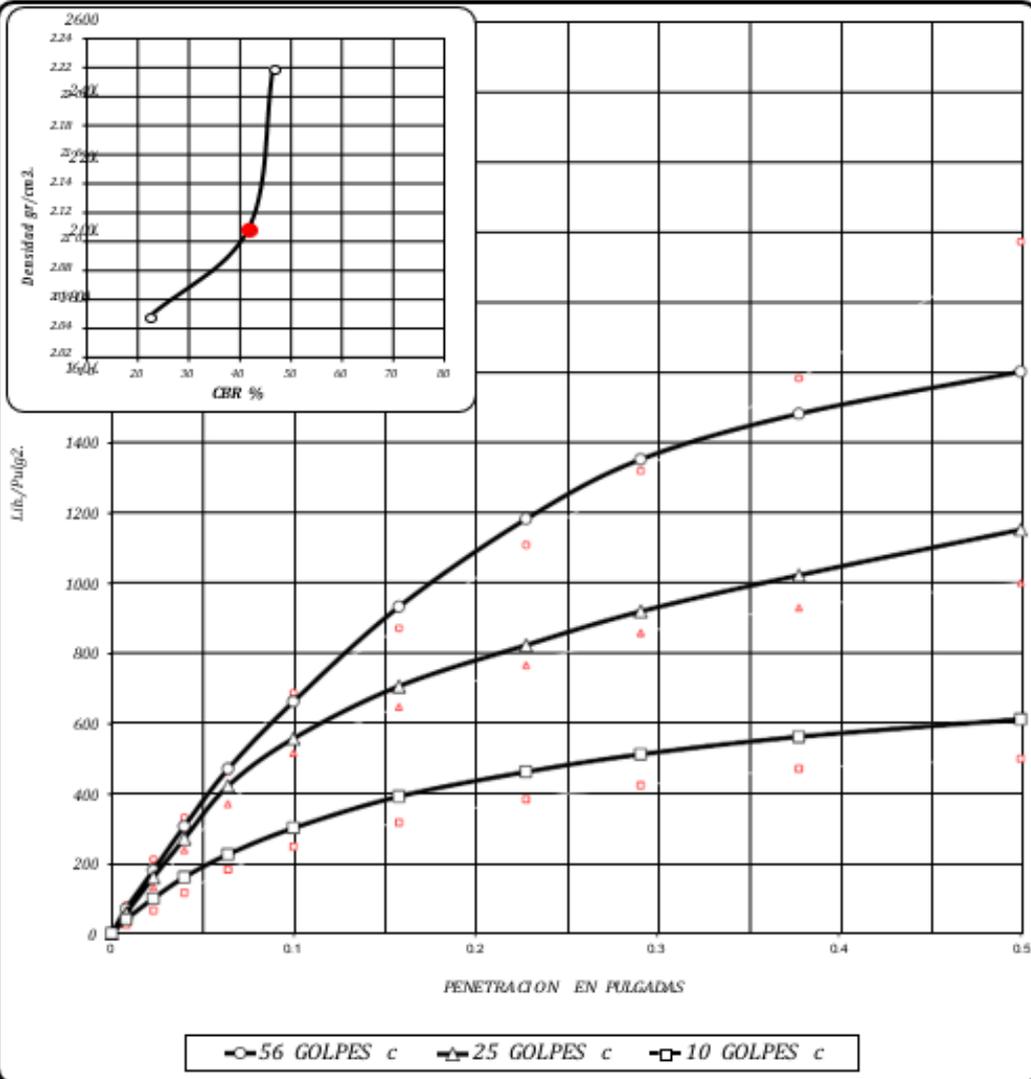
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CANTERA : Material propio de la subrasante mas adición 15% Zeólita

COMPACTACION : TIPO C

FECHA : 29/07/2023

ENSAYO DE CBR : ASTM D 1883 - 73



56 GOLPES	25 GOLPES	10 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENSIDAD SECA = 2.22 g/cm ³	DENSIDAD SECA = 2.11 g/cm ³	DENSIDAD SECA = 2.05 g/cm ³	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 48.00 %
CBR a 0.1" = 49.00 %	CBR a 0.1" = 44.30 %	CBR a 0.1" = 36.00 %	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX = 44.30 %
CBR a 0.2" = 53.00 %	CBR a 0.2" = 47.00 %	CBR a 0.2" = 38.00 %	



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Parina
GERMAN PARINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto



Anexo 10. Certificado de calibración del equipo



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LT-172-2022

Expediente 20460

Página: 1 de 5

Solicitante **GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**

Dirección **MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO - ILO**

Laboratorio de temperatura

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

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

Equipo	HORNO ELÉCTRICO
Marca / Fabricante	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	KH-45A
Serie	20200728005
Identificación	NO INDICA
Procedencia	CHINA
Instrumento de medición	TERMÓMETRO CON INDICACIÓN DIGITAL
Marca / Fabricante	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	NO INDICA
Alcance / Resolución	200 °C
Resolución	0.1 °C
Identificación	NO INDICA
Selector	DIGITAL
Marca / Fabricante	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	PCD-E6000
Alcance	200 °C
Resolución	0.1 °C

Ubicación del equipo **INSTALACIONES DEL SOLICITANTE**

Lugar de calibración **LABORATORIO DE TEMPERATURA DE CEM INDUSTRIAL**

Fecha de calibración **2022-12-27**

Sello



Fecha de emisión

2022-12-27

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

Jesús Quinto C.
JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Método de calibración

Se determina la temperatura de distintos puntos internos del Medio Isotermo siguiendo el "Procedimiento para la calibración o caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" INDECOPI-SNM PC-018

Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	24.3 °C	24.3 °C
HUMEDAD RELATIVA	66 %	66 %

Patrones usados

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
INACAL	Termómetro digital	LT-304-2021
INACAL	Termómetro digital	LT-305-2021
METROIL	Termohigrómetro	T-3787-2021

Puntos de calibración

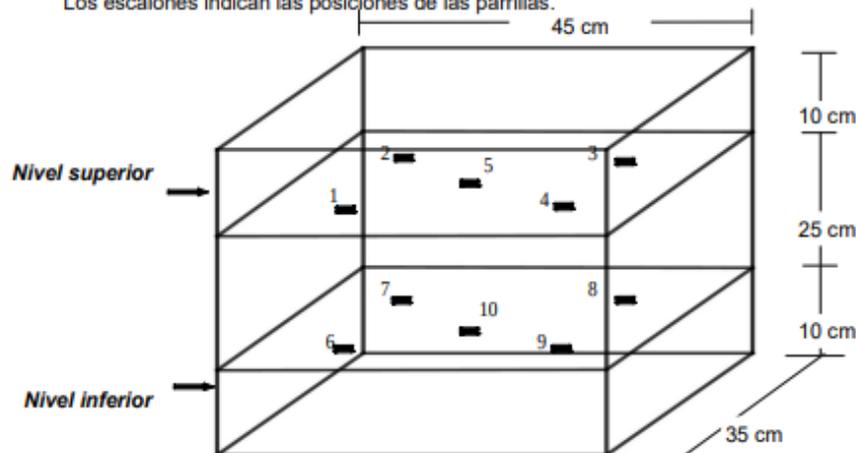
Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.

Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.

Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 2 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 7 cm de las paredes 7 cm del frente y fondo del horno respectivamente.

Los escalones indican las posiciones de las parrillas.



Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C:

Período = 2 minutos

Tiempo (min)	T Ind. (°C) (Termómetro o estufa)	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	Difer. de Temp. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9	Sensor 10		
0	110	111.2	113.1	110.9	109.2	112.9	109.6	112.4	111.0	109.6	110.0	111.0	3.9
2	110	111.1	112.6	111.1	109.1	112.7	108.4	112.4	110.8	109.5	109.9	110.8	4.3
4	110	111.2	113.0	111.2	109.0	112.9	108.5	112.7	110.0	109.5	110.1	110.8	4.5
6	110	111.1	112.8	111.1	109.1	112.7	108.4	112.6	110.0	109.7	110.0	110.8	4.4
8	110	111.0	112.8	110.7	109.1	112.7	108.3	112.5	110.9	109.6	110.0	110.8	4.5
10	110	111.3	113.1	111.3	109.1	113.0	108.7	112.8	111.1	109.7	110.2	111.0	4.4
12	110	111.2	112.8	111.2	109.0	112.8	108.6	112.7	111.1	109.6	110.1	110.9	4.2
14	110	111.0	112.7	111.0	109.0	112.6	108.2	112.4	110.7	109.5	109.8	110.7	4.5
16	110	111.1	112.8	111.1	108.9	112.7	108.4	112.6	110.9	109.6	109.9	110.8	4.4
18	110	111.1	113.0	110.9	109.1	112.9	108.4	112.7	110.9	109.6	110.1	110.9	4.6
20	110	111.0	112.6	111.0	109.0	112.6	108.2	112.5	110.8	109.5	109.8	110.7	4.4
22	110	111.1	112.9	111.1	109.0	112.8	108.3	112.6	110.9	109.5	110.0	110.8	4.6
24	110	111.1	112.8	111.1	108.9	112.7	108.4	112.5	110.8	109.4	109.8	110.8	4.4
26	110	110.9	112.6	110.9	109.0	112.6	108.2	112.4	110.6	109.3	109.7	110.6	4.4
28	110	110.9	112.6	110.9	109.2	112.5	108.0	112.2	110.6	109.2	109.7	110.6	4.6
30	110	111.0	112.7	110.8	109.1	112.6	108.3	112.5	110.8	109.5	109.9	110.7	4.4
32	110	111.3	112.7	111.3	109.2	113.0	108.7	113.0	111.2	109.7	110.3	111.0	4.3
34	110	111.3	113.1	111.3	109.3	113.0	108.6	112.7	111.1	109.8	110.1	111.0	4.5
36	110	111.2	113.0	111.2	109.2	112.9	108.4	112.7	111.1	109.7	110.0	110.9	4.6
38	110	111.1	112.8	111.1	109.2	112.7	108.3	112.5	110.8	109.4	109.9	110.8	4.5
40	110	111.1	112.9	111.1	109.0	112.8	108.4	112.7	111.9	109.5	109.9	110.9	4.5
42	110	111.2	113.0	110.9	109.1	112.9	108.6	112.7	111.1	109.6	110.1	110.9	4.4
44	110	111.0	112.8	111.0	109.0	112.6	108.2	112.5	110.8	109.5	109.8	110.7	4.6
46	110	111.3	112.8	111.3	109.4	113.1	108.7	112.8	111.1	109.7	110.2	111.0	4.4
48	110	111.1	112.9	111.1	109.1	112.8	108.4	112.6	110.9	109.6	110.1	110.9	4.5
50	110	110.9	112.6	110.9	108.7	112.5	108.1	112.3	110.6	109.2	109.7	110.6	4.5
52	110	110.9	112.7	110.9	108.8	112.6	108.0	112.2	110.6	109.3	109.6	110.6	4.7
54	110	111.2	112.7	110.7	109.0	112.7	108.5	112.6	111.0	109.5	110.1	110.8	4.2
56	110	111.1	112.9	111.1	109.3	112.8	108.4	112.6	110.9	109.5	110.0	110.9	4.5
58	110	111.0	112.8	111.0	109.1	112.7	108.3	112.5	110.9	109.6	110.0	110.8	4.5
60	110	111.3	112.8	111.3	109.2	113.1	108.6	112.7	111.1	109.7	110.1	111.0	4.5
T. PROM	110.0	111.1	112.8	111.0	109.1	112.8	108.4	112.6	110.9	109.5	110.0	110.8	4.4
T. MAX	110.0	111.3	113.1	111.3	109.4	113.1	109.6	113.0	111.9	109.8	110.3		
T. MIN	110.0	110.9	112.6	110.7	108.7	112.5	108.0	112.2	110.0	109.2	109.6		
DTT	110.0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6	1.6	0.8	1.9	0.6	0.7		

Resultados de Medición

PARÁMETROS	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima temperatura medida	113.1	0.3
Mínima temperatura medida	108	0.6
Desviación de temperatura en el tiempo	1.9	0.1
Desviación de temperatura en el espacio	4.4	0.3
Estabilidad medida (\pm)	0.95	0.04
Uniformidad medida	4.7	0.3

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T. prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.

T. MAX: Temperatura máxima.

T.MIN: Temperatura mínima.

DTT: Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedio de temperaturas registradas en ambas posiciones.

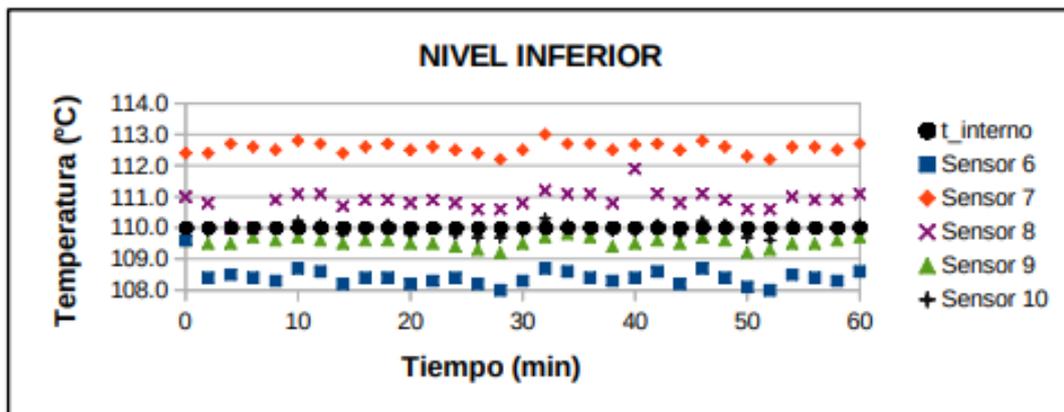
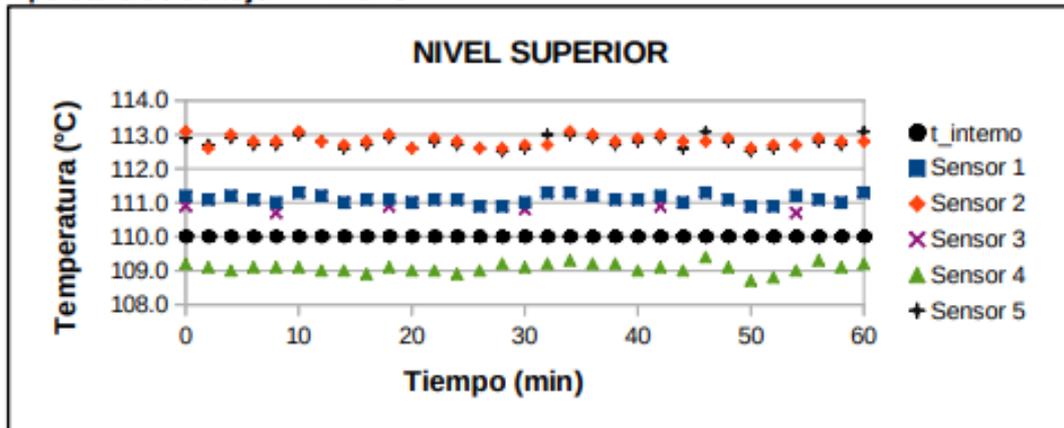
La estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma cumple con los límites especificados de temperatura.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, para una distribución normal de aproximadamente 95%.
- Los resultados obtenidos corresponde al promedio de 31 lecturas por punto de medición, luego del tiempo de estabilización
- La calibración se efectuó después de un precalentamiento de noventa minutos y treinta minutos de estabilización del medio isoterma.

Temperatura de trabajo: 110 °C



Fotografía mostrando la ubicación de los sensores de temperatura en el medio isoterma.



Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-048-2022

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente	20066
Solicitante	GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección	MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO - ILO
Instrumento de Medición	Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Equipo Calibrado	PRENSA CBR
Marca (o Fabricante)	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	CBR - 5000
Número de Serie	180105
o Identificación	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Indicador de Lectura	DIGITAL
Alcance de Indicación	0 Kgf a 5000 Kgf
Resolución	0,1 Kgf
Marca (o Fabricante)	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X2
Número de Serie	0283985
Identificación	NO INDICA
Transductor de Fuerza	CELDA TIPO S
Marca (o Fabricante)	KELI
Modelo	DEF -A
Número de Serie	AKT5380
o Identificación	
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE GEOTENCIA CONSULTORES
Lugar de Calibración	AA.HH.LOS ANGELES MZ 83 LOTE 17
Fecha de Calibración	2022-12-27

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello



Fecha de emisión

2022-12-27

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

Laboratorio de fuerza

Pág 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376 ,
Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú
y con Certificado N° INF-LE-103-19

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	500	498,2	499,1	498,9	498,7	0,3	0,2	0,4
20	1000	996,1	997,2	996,5	996,6	0,3	0,1	0,3
30	1500	1494,9	1496,3	1495,1	1495,4	0,3	0,1	0,3
40	2000	1993,4	1993,7	1994,1	1993,7	0,3	0,0	0,3
50	2500	2490,1	2491,3	2490,8	2490,7	0,4	0,0	0,2
60	3000	2989,8	2991,2	2990,1	2990,4	0,3	0,0	0,2
70	3500	3487,4	3489,3	3488,6	3488,4	0,3	0,1	0,2
80	4000	3987,6	3989,5	3988,6	3988,6	0,3	0,0	0,2
90	4500	4485,8	4487,2	4486,6	4486,5	0,3	0,0	0,2
Lectura máquina en cero		0	0	0	----	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 28,2°C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 90% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.


Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-327-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

Expediente 16334
Solicitante GERMAN CONSULTORES CONTRATISTAS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA
Dirección MZA. 83 LOTE. 17 LOS ANGELES (P.
INALAMBRICA)MOQUEGUA - ILO - ILO
Equipo CAZUELA CASA GRANDE
Marca (o Fabricante) PINZUAR
Modelo PS-11
Número de Serie 1081
Procedencia COLOMBIA
Código NO INDICA
Ubicación del Equipo Laboratorio del solicitante
Lugar de Calibración Laboratorio del solicitante

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración 2021-12-08

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la Norma ASTM D4318

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LLA - C - 003- 2020; T-2102-2020.

Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 21 °C ; Humedad relativa prom. 73 HR%

Resultado de Medición

Distancia de caída según ASTM D4318 mm	Promedio de Mediciones mm	Incertidumbre de Medición mm
10 ± 1	10,0	0,1

Observación:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Sello



Fecha de emisión

2021-12-08

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Expediente	20393
Solicitante	GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección	MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO - ILO
Instrumento de Medición	BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca (o Fabricante)	T-SCALE
Modelo	QHW-30
Número de Serie	0110011001
Procedencia	CHINA
Tipo	ELECTRONICO
Identificación	NO INDICA
Alcance de Indicación	0 g a 30000 g
División de escala (d) o resolución	1 g
Div. verifc. de escala (e)	10 g
Capacidad Mínima	20 g
Clase de exactitud	III
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Lugar de Calibración	AA.HH.LOS ANGELES MZ 83 LOTE 17

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración 2022-07-06

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edición tercera- Enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LM-C-156-2022; 1AM-0209-2022; 1AM-0210-2022; 1AM-0211-2022; M-0922-2021; T-3787-2021.

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2022-07-09

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	17,5 °C	Final	17,6 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 20000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0,5	4,5	19999	0,4	3,6
2	14999	0,8	3,2	19999	0,2	3,8
3	15000	0,7	4,3	20000	0,5	4,5
4	14999	0,4	3,6	20000	0,6	4,4
5	15000	0,6	4,4	20000	0,6	4,4
6	15000	0,7	4,3	20000	0,7	4,3
7	15000	0,7	4,3	20001	0,8	5,2
8	15000	0,5	4,5	20000	0,7	4,3
9	14999	0,3	3,7	20000	0,8	4,2
10	14999	0,4	3,6	20000	0,5	4,5

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
15000	1,3	20
20000	1,6	30

2	5
1	
3	4

 Posición
 de las
 Cargas

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura	Inicial	17,6 °C	Final	17,6 °C
-------------	---------	---------	-------	---------



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p ± g
	Carga min. (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	10	10	0,7	4,3	10000	9998	0,2	2,8	-1,5	20
2		10	0,5	4,5		9999	0,7	3,3	-1,2	20
3		10	0,5	4,5		9999	0,7	3,3	-1,2	20
4		10	0,4	4,6		10000	0,9	4,1	-0,5	20
5		10	0,5	4,5		10000	0,8	4,2	-0,3	20

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	17,6 °C	Final	17,6 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ± g
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
Eo	10	10	0,6	4,4					± g
20	20	0,5	4,5	0,1	20	0,9	4,1	-0,3	10
500	500	0,6	4,4	0,0	499	0,4	3,6	-0,8	10
1000	1000	0,7	4,3	-0,1	999	0,7	3,3	-1,1	10
2000	2000	0,7	4,3	-0,1	1998	0,6	2,4	-2,0	10
5000	4999	0,4	3,6	-0,8	4997	0,4	1,6	-2,8	10
10000	9999	0,8	3,2	-1,2	9997	0,5	1,5	-2,9	20
15000	14999	0,9	3,1	-1,3	14998	0,6	2,4	-2,0	20
20000	19999	0,9	3,1	-1,3	19999	0,9	3,1	-1,3	20
25000	24999	0,9	3,1	-1,3	24999	0,8	3,2	-1,2	30
30000	29999	0,9	3,1	-1,3	29999	0,9	3,1	-1,3	30

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. E: Error encontrado
 I: Indicación de la balanza. E₀: Error en cero.
 ΔL: Carga adicional. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,38572^2 + 0,00000000135994^2}$ R²

Lectura corregida R_{CORREGIDA} = R + 0,0000683668 R

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 19996 g para una pesa patrón de 20000 g.


Fin del documento.

Expediente	20393
Solicitante	GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección	MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO - ILO
Instrumento de Medición	BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca (o Fabricante)	OHAUS
Modelo	YA501
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	CHINA
Tipo	ELECTRÓNICO
Identificación	NO INDICA
Alcance de Indicación	0 g a 500 g
División de escala (d) o resolución	0,1 g
Div. verifc. de escala (e)	0,1 g
Capacidad Mínima	2 g
Clase de exactitud	III
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Lugar de Calibración	AA.HH.LOS ANGELES MZ 83 LOTE 17

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración 2022-07-06

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edición tercera, Enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados: LM-C-156-2022; T-3787-2021.

Sello**Fecha de emisión****Jefe del laboratorio de calibración**

2022-07-09

CEM INDUSTRIAL
JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	17,4 °C	Final	17,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 250,00 g			Carga L2 = 500,00 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	250,0	0,04	0,01	500,0	0,05	0,00
2	250,0	0,04	0,01	501,0	0,06	0,99
3	250,0	0,04	0,01	502,0	0,06	1,99
4	250,0	0,04	0,01	503,0	0,06	2,99
5	250,0	0,04	0,01	504,0	0,06	3,99
6	250,0	0,04	0,01	505,0	0,06	4,99
7	250,0	0,04	0,01	506,0	0,05	6,00
8	250,0	0,04	0,01	507,0	0,05	7,00
9	250,0	0,04	0,01	508,0	0,05	8,00
10	250,0	0,04	0,01	509,0	0,05	9,00

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
250	0,00	0,2
500	9,00	0,2

2	5
1	
3	4

Posición
de las
Cargas

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Temperatura	Inicial	17,3 °C	Final	17,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p ±g
	Carga min. (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	1	1,0	0,02	0,03	150	150,0	0,04	0,01	-0,02	0,2
2		1,0	0,03	0,02		150,0	0,04	0,01	-0,01	0,2
3		1,0	0,03	0,02		150,0	0,05	0,00	-0,02	0,2
4		1,0	0,03	0,02		150,0	0,04	0,01	-0,01	0,2
5		1,0	0,02	0,03		150,0	0,05	0,00	-0,03	0,2

Anexo 11. Boleta de ensayos de laboratorio.

RECIBO			
CIUDAD	DIA	MES	AÑO
ILO	30	10	2023

S/.	3400.00
-----	---------

N° 0012

Recibí de: BACHILLERES EN INGENIERIA CIVIL: EDWIN JOEL MAMANI MAMANI
 FLOR ELISABETH CHANA LLANQUE

La suma de: TRES MIL CUATROCIENTOS CON 00/100 SOLES

Por conceto de: Análisis en laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto

N°	CANT.	DESCRIPCION	NORMA	PRECIO UNITARIO (S/)	TOTAL(S/)
ESTUDIO DE SUELOS					
1	4	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELO POR TAMIZADO		100.00	400.00
2	4	DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD		50.00	200.00
3	4	LIMITE LIQUIDO		50.00	200.00
4	4	LIMITE PLASTICO		50.00	200.00
5	4	PROCTOR MODIFICADO		50.00	200.00
6	4	C.B.R. CALIFORNIA BERING RATIO		300.00	1200.00
7					
8					

TOTAL S/.	3400.00
-----------	---------

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.


Hermilinda Lopez Mamani
GERENTE GENERAL

RECIBI CONFORME



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, OLARTE PINARES JORGE RICHARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la carretera Ilo-Algarrobal usando Zeolitas Naturales, Moquegua, 2023.", cuyos autores son CHANA LLANQUE FLOR ELIZABETH, MAMANI MAMANI EDWIN JOEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 18 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JORGE RICHARD OLARTE PINARES DNI: 40752422 ORCID: 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 18-03- 2024 10:45:37

Código documento Trilce: TRI - 0740422