



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Incorporación de enzima orgánica para estabilizar subrasante arcillosa en la construcción de pavimento rígido - jr. Justa palma – talavera – andahuaylas –  
2021

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

**AUTOR:**

Alarcon Cardenas, Elmer Jossep (ORCID: 0000-0001-8939-6280)

**ASESOR:**

MS. Aybar Arriola, Gustavo Adolfo (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a mis padres, Elmer y Yolanda, quienes me animaron a seguir a pesar de las dificultades y me enseñaron que todo esfuerzo vale la pena. A mi herma Thais que siempre me han apoyado y animado.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor MS, Ing Aybar Arriola Gustavo Adolfo, por su apoyo y orientación en la redacción de este informe. A mis padres y hermana, por el apoyo que me brindaron para seguir a pesar de las dificultades. Al ing. Ronald Aranguena que ayudo en la elaboración de la presente investigación. así mismo a mis amigos cercanos que fueron parte de mi formación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	11
III METODOLOGÍA.....	31
<b>3.1 Tipo y diseño de investigación.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2. Variables y operacionalización.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de         análisis.....</b>	<b>32</b>
<b>3.4. técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5. procedimientos.....</b>	<b>33</b>
<b>3.6. método de análisis de datos.....</b>	<b>34</b>
<b>3.7. aspectos éticos.....</b>	<b>34</b>
IV RESULTADOS.....	35
V DISCUSIÓN.....	49
VI CONCLUSIONES.....	54
VII RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ensayo granulométrico por tamices ASTM Norma (MTC C - 136).	35
Tabla 2.Contenido de humedad y Limite de consistencia del terreno natural .....	36
Tabla 3.Limite Liquido .....	37
Tabla 4.Limite Plástico .....	38
Tabla 5.Indice De Plasticidad.....	38
Tabla 6.Cuadro resumen de los límites de A. Atterberg.....	40
Tabla 7.densidad seca máxima (tn/m3).....	41
Tabla 8.contenido de humedad optima (%) .....	42
Tabla 9.Resumen de resultados de Proctor modificado .....	43
Tabla 10. resumen de expansión y absorción a 56 golpes .....	45
Tabla 11. resultados de CBR con la adición de enzima orgánica.....	47
Tabla 12. Resumen de resultados de laboratorio con enzima orgánica ....	48
Tabla 13.Clasificación según el sistema AASHTO.....	95
Tabla 14.Clasificación de suelos según SUCS para suelo granular.....	96
Tabla 15.Clasificación de suelos según SUCS para suelo fino .....	97
Tabla 16.Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	97
Tabla 17.Clasificación de suelos según índice de plasticidad .....	98
Tabla 18.Categoría de subrasante.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1. Ubicación de la provincia de Apurímac .....	7
figura 2. Ubicación del Jr. Justa Palma.....	8
figura 3.límites de atterberg .....	23
figura 4.ensayo granulométrico por diferentes tamices.....	36
figura 5. histograma de resultados de limite líquido .....	37
figura 6.histograma de resultados de limite plástico.....	38
figura 7.histograma de resultados de índice de plasticidad .....	39
figura 8.ensayo de limite plástico con la utilización de la cuchara de casa grande.....	39
figura 9.histograma de resultados de los límites de A.Atterberg .....	40
figura 10.compactación de la muestra en molde de Proctor .....	41
figura 11. Histograma de densidad seca máxima .....	42
figura 12. Histograma de humedad optima.....	43
figura 13.histograma de resultados de Humedad optima y Densidad seca máxima .....	44
figura 14.lectura de expansión antes y después de sumergir muestra .....	44
figura 15.histograma de resultados expansión y absorción a 56 golpes ..	45
figura 16.elaboración de ensayo de CBR y pesaje de molde con material compactado .....	46
figura 17.elaboración de ensayo de penetración CBR .....	46
figura 18.histograma de resultados de CBR con la adición de enzima orgánica.....	47

## Resumen

La presente investigación se titula “incorporación de enzima orgánica para estabilizar subrasante arcillosa en la construcción de pavimento rígido - jr. justa palma – talavera – Andahuaylas – 2021”, la presente investigación es de tipo aplicada, se planteó como objetivo general establecer en qué medida se mejora la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021, con la hipótesis general se mejorará significativamente la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021, como resultado de la clasificación de suelo SUCS CL nos indica que el suelo es de tipo arena inorgánica, en cuanto a la clasificación de suelo AASHTO A-4, esta investigación fue realizada con el propósito de determinar la influencia de enzima orgánica, utilizando dosificaciones de 0.03 lt/m<sup>3</sup>, 0.05 lt/m<sup>3</sup> y 0.07 lt/m<sup>3</sup> de aditivo, en las propiedades físicas, mecánicas y en la capacidad de soporte de la subrasante. Llegando a la conclusión, que la incorporación de enzima orgánica en sus distintas dosificaciones incrementa el CRB en con respecto a su estado natural 19.3% en cuanto a un CBR de suelo natural + enzima orgánica (0.03 lt/m<sup>3</sup>, 0.05 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>) los CBR resultan (26.2%, 26.9%, 28.00%) demostrando así según los resultados de los ensayos de laboratorio se logra mejora progresivamente la resistencia del suelo. Además, en los ensayos de Proctor modificado se logró mejoras en cuanto al suelo natural que fue la densidad seca máxima (gr/cm<sup>3</sup>) de 1.81 y humedad optima (%) de 14.22, cuando se incorpora la enzima orgánica en sus dosificaciones (0.03 lt/m<sup>3</sup>, 0.05 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>) se obtuvo un aumento en la densidad seca máxima (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.01, 2.09, 2.11 y Optimo una disminución de la humedad optima (%) de 13.38, 12.17, 11.7 respectivamente. Como conclusión se determinó que el efecto de incorporar la enzima orgánica como estabilizador para suelos de subrasante es efectivo porque ha podido mejorar las propiedades físicas, mecánicas y la capacidad soporte del suelo. La proporción de del 0.07lt/m<sup>3</sup> mostro mejores resultado en todas las pruebas.

***Palabras clave: enzima orgánica, subrasante, dosificaciones de aditivo, capacidad soporte.***

## Abstract

The present investigation is titled “incorporation of organic enzyme to stabilize clayey subgrade in the construction of rigid pavement - jr. justa palma - talavera - Andahuaylas– 2021 ”, the present investigation is of an applied type, the general objective was to establish to what extent the stabilization of the subgrade is improved by incorporating organic enzyme in the construction of rigid pavements - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021, with the general hypothesis, the stabilization of the subgrade will be significantly improved by incorporating organic enzyme in the construction of rigid pavements - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021, as a result of the SUCS CL soil classification we indicates that the soil is of the inorganic sand type, regarding the AASHTO A-4. soil classification, this investigation was carried out with the purpose of determining the influence of organic enzyme, using dosages of 0.03 lt/m<sup>3</sup>, 0.05 lt/m<sup>3</sup> and 0.07 lt/m<sup>3</sup> of additive, in the physical and mechanical properties and in the support capacity of the subgrade. Reaching the conclusion that the incorporation of organic enzyme in its different dosages increases the CRB in respect to its natural state 19.3% in terms of a CBR of natural soil + organic enzyme (0.03 lt / m<sup>3</sup>, 0.05 lt / m<sup>3</sup>, 0.07 lt / m<sup>3</sup>) the CBR results (26.2%, 26.9%, 28.00%) thus demonstrating, according to the results of the laboratory tests, the soil resistance is progressively improved. In addition, in the modified Proctor tests, improvements were achieved in terms of natural soil, which was the maximum dry density (gr / cm<sup>3</sup>) of 1.81 and optimal humidity (%) of 14.22, when the organic enzyme was incorporated in its dosages (0.03 lt / m<sup>3</sup>, 0.05 lt / m<sup>3</sup>, 0.07 lt / m<sup>3</sup>) there was an increase in the maximum dry density (gr / cm<sup>3</sup>) of 2.01, 2.09, 2.11 and Optimal a decrease in optimal humidity (%) of 13.38, 12.17, 11.7 respectively. As a conclusion, it was determined that the effect of incorporating the organic enzyme as a stabilizer for subgrade soils is effective because it has been able to improve the physical and mechanical properties and the support capacity of the soil. The ratio of 0.07lt / m<sup>3</sup> showed better results in all tests.

***Keywords: organic enzyme, subgrade, additive dosages, support capacity.***

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo siempre ha sido el material de construcción que presenta un comportamiento muy complejo en la ingeniería, por ende, es muy importante tener conocimiento profundo de sus propiedades mecánicas y físicas debido a que se construye sobre estas obras civiles. La estructura de un pavimento rígido reposa encima de la subrasante que se utiliza como soporte, se considera como uno de los problemas más complicados en la implementación de la ingeniería vial ya que la calidad que tiene el suelo de cimentación debe contar tanto con características mecánicas como físicas buenas, porque de ellos depende el trazado de la vía, así como el espesor del diseño del pavimento.

Siendo nuestro país uno de los que cuentan con una variedad grande de regiones naturales, esto conlleva a tener suelos muy variados que presenta un reto para la ingeniería vial al realizar la pavimentación de vías.

Conforme MTC al año 2018 tenemos que el 84.02% perteneciente a la red carreteras del Perú no ha sido pavimentada, los problemas relacionados con estos diferentes tipos de suelo existen en muchas partes del país. En muchos casos la falta de tratamiento y estabilización del sustrato sumado a la aparición de lluvia, calor, sal, cloruros, etc. Provocando colapsos y tiene un impacto significativo en la textura o expresión del pavimento afectando su vida útil y facilidad de uso.

En Perú, al ejecutar obras de pavimentación se tienen problemas en áreas urbanas y rurales, ocurren ya que el lecho de las carreteras a menudo se construye en suelos con baja capacidad de carga, como Limos-Arcillosos. Para considerar el diseño de pavimentos, hay tres opciones de construcción: construir la obra vial en el terreno tal como se encontró, reemplazar el suelo con otro que brinde mejor comportamiento (material de préstamo), la última opción aumentar las propiedades mecánicas y físicas para así soportar la carga impuesta al suelo por la carretera (Silva,2016).

Evidentemente cuando el suelo presenta condiciones de trabajo malas, la obra de infraestructura vial ha encontrado un desafío, pues el suelo sobre el que descansa la cimentación tiene cualidades que dificulta el trabajo, pero no imposible de trabajar. Por lo tanto, como **aporte de esta investigación** se utilizó el producto

de la enzima orgánica para demostrar según los ensayos de laboratorio correspondiente la influencia de la enzima orgánica como estabilizador de subrasante para así evaluar su desempeño y mejora de la capacidad de soporte, buscando ser la opción para resolver este problema.

**La realidad problemática** parte desde la ubicación del departamento de Apurímac, provincia de Andahuaylas, distrito de Talavera, al ser este un suelo limoso con baja capacidad de carga. Este suelo tiende a convertirse en un suelo fangoso con la presencia de lluvias, dificultando el tránsito tanto de peatones y como de vehículos. Durante las visitas "in-situ" en el Jr. había mucho espacio abierto, polvo, barro, etc., y aún quedaban residuos de agua en algunos tramos de la vía.



figura 1. Ubicación de la provincia de Apurímac

Fuente: Google Imágenes



*figura 2. Jr. Justa Palma*

*Fuente: propia*

Se puede apreciar que en muchas vías vehiculares se encuentran en deplorables condiciones de uso, esto ocasiona molestia al usuario y daños al vehículo. las fallas más comunes en el pavimento observadas son, baches, grietas, fisuras, hundimientos, ondulaciones, etc. Para solucionar estas deficiencias habituales en el pavimento, se está innovando y se están aplicando nuevas tecnologías en el diseño de carreteras, como el uso de estabilizadores químicos.

según (Ulate Castillo, 2017), al utilizar estos aditivos estabilizantes, se pueden utilizar en materiales o suelos existentes para mejorar significativamente la accesibilidad de caminos sin pavimentar en condiciones húmedas y reducir la generación de polvo en condiciones secas.

Las causas de estos problemas suelen generarse debido a que la carretera está construida sobre suelo inestable, blando, lacustre y pantanoso, con baja capacidad de carga. Como resultado, se genera una sobrecarga en la calzada, que puede provocar deformaciones, lo que conduce a una grave pérdida de trabajabilidad.

Para plantear el problema general responde a la pregunta: ¿en qué medida, se mejora la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021?

como primer problema específico responde a la siguiente pregunta: ¿en qué medida, se mejora las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, al incorporar enzima orgánica para pavimentos rígidos en el Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021?

He visto conveniente como segundo problema específico la siguiente pregunta: ¿en qué medida, se logrará el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> de aditivo enzimático en la construcción de pavimento rígido - Jr. Justa Palma - talavera – Andahuaylas - 2021?

Esta investigación se **justifica técnicamente** porque tiene la intención de proponer el uso de la enzima orgánica para estabilizar suelos arcillosos. además de evidenciar que con la aplicación de la enzima orgánica se aumentara la estabilidad de la subrasante, mejorando de este sus propiedades físicas y mecánicas logrando el bienestar social de las personas residentes que transitan y conducen sus vehículos por dicha vía a su vez aumentando la vida útil de los mismos.

Determine como el objetivo principal para esta investigación establecer en qué medida se mejora la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021

Como el primer objetivo específico busco determinar las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021

Considere como segundo objetivo específico determinar el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> de enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021

Considero como hipótesis de investigación: se mejorará significativamente la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021

Considero como primera hipótesis específica: se mejorará las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas - 2021

Como segunda hipótesis específica: sostengo que: al incorporar la enzima orgánica en la concentración del 0.07lt/m<sup>3</sup> esta mejora la capacidad portante en mayor medida respecto a la concentración del 0.03lt/m<sup>3</sup> y 0.05lt/m<sup>3</sup> en el Jr. Justa Palma – talavera - Andahuaylas– 2021

Después de a ver evidenciado la realidad problemática y planteado los problemas del marco teórico presentando antecedentes internacionales y nacionales, así mismo detallo el marco conceptual referente a la investigación.

## II MARCO TEÓRICO

Esta investigación se respalda por los siguientes antecedentes nacionales:

Como antecedente nacional, cito a (Flores Castañeda, 2020) quien en su investigación titulado “Evaluación y mejoramiento con Maxxseal 200 de la subrasante en la Av. María Parado de Bellido, Paita, 2020”, quien efectuó dicha investigación con el fin de poder valorar el terreno natural de la subrasante para así valorar el apoyo del Maxxseal 200, empleando concentraciones de 3.00% 6.00% y 9.00%. se utilizó la metodología aplicada con un enfoque cuantitativo además de un diseño experimental cuasi experimental. Los especímenes de suelo utilizadas para la investigación proceden de la subrasante de la Av. María Parado Bellido. Los resultados de las pruebas laboratorio indicaron que se trata de un suelo ML (arena arcillosa). además, que se obtuvo un índice de plasticidad de terreno natural bajo de 10.00%, que al adicionar Maxxeal 200 en proporciones de 3.00%, 6.00% y 9.00% se logró disminuir mínimamente en 7.00%, 7.00% y 6.00%. Según los ensayos de laboratorio realizados el CBR del terreno natural es 10.70%, que se logró un incremento significativo al incorporar el aditivo en 41.30%, 37.10%, 48.60%.

Como antecedente nacional, cito a (Efus Uriarte, 2020) en su trabajo de investigación titulado “Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado y permazyme en la carretera no pavimentada Chacco-Muruncancha, Distrito de Quinua-Ayacucho-2020, presenta como objetivo inicial evaluar la estabilidad química de la carretera con la incorporación de permazyme y aceite sulfonado en la carretera no pavimentada Chacco. se presenta como hipótesis principal que la estabilización mediante la adición de permazyme y aceite sulfonado influye de favorablemente. Se llego a la conclusión, al añadir aceite sulfonado en diversas proporciones aumenta el CRB con respecto al obtenido la muestra inicial que es de 17.0%, los resultados con adición de aceite sulfonado en proporciones de 0.04lt/m<sup>3</sup>, 0.07lt/m<sup>3</sup> y 0.09lt/m<sup>3</sup> obtuvieron mejoras de 49.60%, 55.90% y 60.30% respectivamente. Además, se pudo demostrar según los ensayos de laboratorio de Proctor modificado del terreno natural que se obtuvo una densidad seca de 2.000gr/cm<sup>3</sup> y humedad optima de 6.5%, al incorporar el aceite sulfonado en

concentraciones de 0.04lt/m<sup>3</sup>, 0.07lt/m<sup>3</sup>, 0.09lt/m<sup>3</sup>, obtuvimos mejoras en la densidad seca máxima de 2.014gr/cm<sup>3</sup>, 2.007gr/cm<sup>3</sup>, 2.018 gr/cm<sup>3</sup> y humedad optima de 6.8%, 7.2%, 7.0% respectivamente.

Como antecedente nacional, cito a (Yucra Callata & Camala Jilapa, 2017), quien realizo el trabajo de investigación “análisis del uso de aditivos perma-zyme y cloruro cálcico en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (desvió Huancané-chupa)- puno”. Presenta su objetivo principal es comprobar la calidad mecánica y física del sustrato con la incorporación de CaCl<sub>2</sub> y permazyme. Se extraen las siguientes conclusiones de los ensayos de laboratorio, se puede apreciar como el límite liquido disminuye al adicionar permazyme 30x, los resultados correspondientes al Proctor modificado se demostró las mejoras en el aumento de la densidad seca además de la reducción de la humedad optima.

Se llego a la conclusión que con la adición de permazyme 30x influye positivamente en las propiedades físicas, con respecto al índice de plasticidad del terreno natural obtenido de los ensayos de laboratorio de las canteras yanahoco y punta son de 8.13%, 8.99%, 11.14% y 2.69%, 2.85%, 3.83% cullas mejoras en la disminución de esta al incorporar cloruro de calcio fueron de 5.37%, 6.03%, 34.60% y 1.75%, 5.70%, 7.00% respectivamente.

Como antecedente nacional, cito a (Chinchay Diaz, 2018), que en su investigación titulado “Influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo La Serma – Tambillo Jaén, Cajamarca”. Quién propone como objetivo principal determinar el resultado del aditivo Sika Dust Seal como estabilizador de suelo estudiado. los resultados de las pruebas de laboratorio indicaron según SUCS las muestras se clasifican en tipos GP, GW y SP-SC, son materiales que contienen grava, arena y cal por otro lado según la clasificación AASHTO, el suelo estudiado corresponde al tipo de suelo A-2-4, que es granular a su vez contiene unas pocas cantidades de polvo fino. Cabe mencionar que este tipo de suelo no es adecuado para el uso como base del pavimento, ya que la presencia de polvo fino en él conducirá a la pérdida de estabilidad. Según las pruebas de laboratorio, obtuvimos el mejor contenido de humedad de cada prueba

Proctor modificada, en la que calculamos la nueva solución de C.B.R. Tomando como referencia la calicata 1, para la combinación 1 que obtuvo el valor de humedad óptima de 3.45%, se utilizó la humedad en las tres pruebas (12, 25 y 56 golpes) de la prueba CBR, donde se pudo obtener las siguientes dosificaciones: 200,63 cm<sup>3</sup> de agua y 6,37 cm<sup>3</sup> de aditivo, utilizar el mismo procedimiento para otras dosificaciones. Al realizar la prueba CBR al 95% se observó que la densidad seca máxima para 0.1" de penetración es favorable en la calicata 1, calicata 2, calicata 3 y calicata 4, en un 27.91%, 30.23%, 19.55% y 28.23% respectivamente.

Como antecedente nacional, cito a (Gomez Avili & Silva Navarro, 2020), que en su investigación titulado "Influencia Del Aceite Sulfonado Y Cemento Portland Tipo I En La Estabilización De La Vía Huaylillas – Buldibuyo En La Provincia De Pataz, 2020". Quien determinó el efecto del aceite sulfonado y cemento Portland Tipo I respecto a la estabilidad de la carretera ubicada en Huaylillas. Para la realización de este estudio se utilizó un diseño experimental, en la categoría experimental puro, mediante el uso de juicio, muestreo no probabilístico, la recolección de datos fue realizada mediante la observación directa. Con respecto a los resultados del CBR y compresión no confinada al suelo se agregó cemento en dosificaciones de 0.50%, 2.00%, 3.50% y 5.00% más 0.30 lts / m<sup>3</sup> de aceite sulfonado para lograr así mejoras. los resultados de los ensayos de laboratorio del suelo se logró mejorar el CBR de 5.8 % Aumento a 103,8%, en la subrasante de 19,61% a 128,7% por último la resistencia a la compresión no confinada de 14,17 kg / cm<sup>2</sup> a 30,38 kg / cm<sup>2</sup>. Se concluye que la ventajas que representa utilizar un aditivo solido(cemento portland tipo I) junto a un aditivo liquido(aceite sulfonado) en la estabilización de carreteras aporta mejoras considerables en las propiedades mecánicas para lo cual se logró determinar la proporción adecuada del cemento que reacción de manera apropiado con el estabilizador.

Asimismo, esta investigación se respalda por los siguientes antecedentes internacionales:

Como antecedente internacional cito a (Ayala Avellan, 2017), quién realizó la investigación titulada "Estabilización y control de suelos expansivos utilizando

polímeros”. La presente investigación tiene como objetivo lograr estabilizar suelos arcillosos con la incorporación de polímeros. Se utilizaron métodos experimentales cuya muestra se obtuvieron de los suelos arcillosos de Guayaquil. Los resultados al incorporar el polímero mostraron cambios en las propiedades mecánicas y físicas. Se puede apreciar que en los ensayos laboratorio del límite líquido realizados a las muestras M -1, M-2 y M- 3 disminuyeron en 21.43%, 36.69% y 30.69% respectivamente, al analizar el límite plástico se obtuvieron reducciones en las muestras M-2 y M-3 de 35.68% y 27.14% respectivamente, mientras que la muestra M-1 obtuvo un incremento de 27.13%, por otro lado, el índice de plasticidad obtenidos de las muestras M-1, M-2 y M-3 fueron de 50.72%, 39.25% y 32.27 %. Se llegó a la conclusión que la incorporación de polímeros mejora las propiedades de los suelos expansivos.

Como antecedente internacional cito a (Hidalgo Benavidez & Vinicio Fabian, 2016) que, en su investigación titulada, “Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con Enzimas Orgánicas y Suelo Cemento, aplicado a suelos arcillosos de subrasante” Quienes se propusieron delimitar técnicas de estabilización de suelos, en el que se combinan enzimas orgánicas y cemento aplicados a la subrasante arcillosa. Para este estudio se empleó una metodología aplicada-experimental, se realizaron pruebas de laboratorio, como en ensayo de arena de Ottawa, ensayo de Proctor, límites de Atterberg, granulometría, etc. se realizó una prueba Proctor modificada tipo B y el ensayo de CBR. Se concluye que el suelo analizado es plástico y saturado de agua, por lo que se optó por la estabilización con enzimas orgánicas ya que brinda mejores resultados de CBR y brinda mejores beneficios para la subrasante.

Como tercer antecedente internacional cito a (Mendez Golzales, 2018) quien realizó un trabajo de investigación que tiene como título “Análisis de un producto a base de polímeros como estabilizador químico de suelos para la construcción de caminos no pavimentados” plantea como objetivo principal es analizar la incorporación de polímeros en la construcción de carreteras sin pavimentar. Se obtuvo la muestra para la investigación de la carretera no pavimentada ubicada en Guatemala que fue clasificada como arena fina de tonalidad café oscuro, arena limosa de tonalidad gris

y arena limosa de tonalidad café. Los resultados de las pruebas de laboratorio referentes al CBR para la muestra N1 se obtuvo mejora mínima en la resistencia al corte en los días 7 y 14, al llegar al día 28 es donde mostro una mejora considerable de 87.14% por que es apta a ser utilizada como base. Llegando a la conclusión que al añadir el estabilizador mejora las capacidades del suelo siendo este apto para la construcción de obras viales.

Como antecedente internacional cito a (Mariani & Arns, 2016) quien es su investigación denominada "Análisis de la estabilización de un suelo arcilloso con el uso del aditivo con-aid® cbr-plus®" quien analizó el comportamiento físico-mecánico de un suelo tipo A7-5 (siguiendo la clasificación TRB), después de haber realizado la estabilización química con la incorporación del aditivo CONAID. Para empezar, todos los ensayos de laboratorio se llevaron a cabo en su estado natural, que presentó un Índice de Apoyo de California (ISC) del 13.0% cuando se comparó en el Proctor de energía intermedia además presento una expansión del 1.81%. El aditivo se agregó en los porcentajes 0.2%, 0.3% y 0.4%, de acuerdo con las fichas técnicas y recomendaciones del fabricante. Se sabe que el aditivo Con-Aid tiene la ventaja de no necesitar un reactivo, el producto está listo para usar. Los resultados encontrados de laboratorio fueron similares en todos los porcentajes para el ISC en muestras sumergidas y expuestas al tiempo, sin embargo, con respecto a la expansión presento una disminución del 52.49%, para la dosis sumergida del 0.2%. según los resultados de ISC demostraron que el suelo A7-5 del presente trabajo puede usarse en su estado natural. mostro que con la adición de 0.2% de aditivo, su expansión disminuye considerablemente, lo que nos da a una mayor impermeabilidad al suelo con aditivo.

Researcher (Taher, 2017), in his Master of Science thesis, entitled: "Efficacy of polymers for expansive soil mitigation", from Colorado State University. The objective of his research is to determine and evaluate the effectiveness of the soil mitigation effects of transportation earthworks using polymeric amendments. The laboratory was used for data analysis. The main result is the Atterberg limit test, because this reflects the influence of the stabilizer on the LL, PL and PI of the treated soil. Untreated expansive soil LL is 75.8%, PL is 18.1%, PI is 58%, in fly ash (15%),

LL is 50.2%, PL is 32.6%, PI is 17.6%, lime (3%) LL is 56.5%, PL is 17.6%, and PI is 38.9%. However, the LL of the soil treated with P4 remained above 60%, especially 70.1%, the PL was 19.5% and the PI was 50.6%. Based on the results of the swelling test discussed in this study, it is concluded that polymer P4 is the best performing polymer among the four types of polymers. However, according to the unconfined compressive strength and swelling test, compared to lime and fly ash, P4 has poorer stabilizing effect. It is known that the expansion of expansive soil requires water, the lower expansion efficiency reported in this study may not accurately represent the field behavior of the soil treated with P4 in relation to the treatment with lime or fly ash.

El investigador (Taher, 2017), en su tesis de Maestría en Ciencias, titulada: "Eficacia de los polímeros para la mitigación expansiva del suelo", de la Universidad Estatal de Colorado. El objetivo de su investigación es determinar y evaluar la efectividad de los efectos de mitigación del suelo del movimiento de tierras de transporte utilizando enmiendas poliméricas. Se utilizó el laboratorio para el análisis de datos. El resultado principal es la prueba de límite de Atterberg, porque este refleja la influencia del estabilizador en el LL, PL y PI del suelo tratado. El LL de suelo expansivo sin tratar es 75.8%, PL es 18.1%, PI es 58%, en cenizas volantes (15%), LL es 50.2%, PL es 32.6%, PI es 17.6%, cal (3%) LL es 56,5%, PL es 17,6% y PI es 38,9%. Sin embargo, el LL del suelo tratado con P4 se mantuvo por encima del 60%, especialmente el 70,1%, el PL fue del 19,5% y el PI fue del 50,6%. Con base en los resultados de la prueba de hinchamiento discutida en este estudio, se concluye que el polímero P4 es el polímero de mejor desempeño entre los cuatro tipos de polímeros. Sin embargo, según la prueba de hinchamiento y resistencia a la compresión no confinada, en comparación con la cal y las cenizas volantes, el P4 tiene un efecto estabilizador más pobre. Se sabe que la expansión del suelo expansivo requiere agua, la menor eficiencia de expansión informada en este estudio puede no representar con precisión el comportamiento de campo del suelo tratado con P4 en relación con el tratamiento con cal o cenizas volantes.

**In their research** (Bekkouche & Boukhatem, 2016), entitled: "Experimental characterization of the behavior of clay soils stabilized by polymers", from the

University of Skikda. They considered as a research objective to determine the influence of mechanical and physical properties on polymeric soil materials over time. The main result is that the addition of the two polymers will lower the liquid limit in the clay sample. This means that the particles agglomerate and get larger, so the surface area is smaller, resulting in a lower liquid limit. As a conclusion to the laboratory tests, it is that the shear resistance curve obtained by the Casagrande spoon test shows that the shear resistance characteristics of the samples mixed with the two types of polymers improve compared to the samples made of natural clay.

**En su investigación** (Bekkouche & Boukhatem, 2016), titulado: "Caracterización experimental del comportamiento de suelos arcillosos estabilizados por polímeros", de la Universidad de Skikda. Consideraron como objetivo de investigación el determinar la influencia de las propiedades mecánicas y físicas en los materiales poliméricos del suelo a lo largo del tiempo. El resultado principal es que la adición de los dos polímeros reducirá el límite de líquido en la muestra de arcilla. Esto significa que las partículas se aglomeran y se hacen más grandes, por lo que el área de la superficie es más pequeña, lo que resulta en un límite de líquido más bajo. Como conclusión a los ensayos de laboratorio, es que la curva de resistencia a la corte obtenida por la prueba de la cuchara de Casagrande muestra que las características de resistencia al corte de las muestras mezcladas con los dos tipos de polímeros mejoran en comparación con las muestras de arcilla natural.

Así también, esta investigación se respalda por los siguientes Artículos Científicos:

According to (Orlandi, 2019) who in his research entitled "Use of lignin as a stabilizer of expansive soils", this work focuses on corroborating whether the use of lignosulfonate and lignins help in the stabilization of clay soils. To obtain the results of laboratory tests, various additives were used with proportions (3%, 5%, 7% and 10%), it was observed that the plasticity of the analyzed material decreased when the amount of additive was increased. It should be mentioned that no more than 10% additive was used in the tests. It was concluded that lignin helps to improve the

expansive properties that clays normally have, in turn increasing the compressive strength.

Según (Orlandi, 2019) quien en su investigación titulada “Uso de lignina como estabilizador de suelos expansivos”, este trabajo se enfoca en corroborar si el uso de lignosulfonato y ligninas ayudan en la estabilización de suelos arcillosos. Para la obtención de resultados de ensayos de laboratorio se utilizaron diversos aditivos con proporciones (3%, 5%, 7% y 10%), se pudo observar que la plasticidad del material analizado decrecía cuando se aumentaba la cantidad de aditivo. Cabe mencionar que en los ensayos no se utilizó más de 10% de aditivo. Se llegó a la conclusión de que la lignina ayuda a mejorar las propiedades expansivas que normalmente presentan las arcillas a su vez incrementado la resistencia a la compresión.

(Pique, Manzanal, Fernández, Casagrande, & Codevilla, 2019) who in their research entitled "Polymer-enhanced clay and sand mixture" chose as a research objective to study and analyze the macro and microscopic interrelation of anionic polyacrylamide (APAM) soils, uniform sand (Sand) and fine (CRclay). It is worth mentioning that this is an experimental study in which the main results obtained from laboratory tests show a considerable increase in swelling and swelling pressure for different Arena-CRclay-APAM mixtures. APAM is increasing the loading capacity and decreasing the microporosity in order to better retain water in the mixtures. Regarding mechanical behavior, the mixtures with APAM presented better resistance to unconfined compression and a more ductile process compared to the mixtures that do not have (Arena-CRclay). Finally, it was concluded in the present work the study of mixtures made up of natural clay of marine origin (CRclay), river sand (Sand) and anionic polyacrylamide (APAM) to improve the hydromechanical behavior. It was concluded that adding polymer significantly increases the shear strength and ductility of the mixtures.

(Pique, Manzanal, Fernández, Casagrande, & Codevilla, 2019) quienes en su investigación titulada “Mezcla de arcilla y arena mejorada con polímeros” optaron como objetivo de investigación estudiar y analizar la interrelación macro y

microscópica de suelos poliacrilamida aniónica (APAM), arena uniforme (Sand) y fino (CRclay). Cabe mencionar que este es un estudio experimental en el que los principales resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio muestran un incremento considerable de hinchamiento y la presión de hinchamiento para diferentes mezclas Arena-CRclayAPAM. APAM está aumenta la capacidad de carga y a minoriza la microporosidad para así retener de mejor manera agua en las mezclas. Con respecto comportamiento mecánico, las mezclas con APAM presentaron mejor resistencia a la compresión no confinada y un proceso más dúctil respecto a las mezclas que no tiene el (Arena-CRclay). Para finalizar se concluyó en el presente trabajo estudió mezclas constituidas por arcilla natural de origen marino (CRclay), arena de río (Sand) y poliacrilamida aniónica (APAM) para mejorar el comportamiento hidromecánico. Se llegó a la conclusión que al adicionar polímero aumenta significativamente la resistencia al cizallamiento y la ductilidad de las mezclas.

According to (Hanif Khan, 2016) who in his research entitled "Analysis of the influence of residual polymer in the soil subgrade" in this research seeks to understand the resistance of a subgrade with respect to CBR results and moisture content, as well seeks to demonstrate the efficiency regarding polymer residues and thus improve the properties of the subgrade. The results obtained according to laboratory tests showed that incorporating polymer residues with a correct dosage improves the resistance of the soil, also helps to positively change the properties of the soil. It can be concluded that the incorporation of plumbers' residues helps to increase the resistance of the subgrade.

Según (Hanif Khan, 2016) quien en su investigación titulada "Análisis de la influencia del polímero residual en la subrasante del suelo" en esta investigación se busca entender la resistencia de una subrasante con respecto resultados de CBR y el contenido de humedad, así mismo busca demostrar la eficacia referente residuos de polímero y así mejorar la las propiedades de la subrasante. Los resultados obtenidos según ensayos de laboratorio demostraron que al incorporar residuos de polímeros con una dosificación correcta mejora la resistencia del suelo, además ayuda a cambiar positivamente las propiedades del suelo. Se puede

concluir que la incorporación de residuos de plomeros ayuda a aumentar la resistencia de la subrasante.

Como base teórica para definir esta investigación, primero presenté la definición de suelo en detalle. El suelo se define como la descomposición y alteración de rocas que se disgregan con el tiempo, ya que estos están sometidos a continuos cambios, procesos físicos y biológicos en el suelo conducen a la existencia de diferentes tipos de suelo (De la Cruz & Salcedo, 2016) citado por (Gongora, 2019).

(Gutierrez Montes, 2010) Señala que es el sustrato físico donde se asienta la construcción de infraestructura vial. Se consideran tres conjuntos de parámetros para determinar el comportamiento del suelo. Los parámetros de identificación son

- granulometría (es la distribución de los tamaños de los granos del terreno como parte del agregado) y plasticidad (se refiere al cambio en la consistencia del material con respecto al contenido de agua).
- Parámetros de estado: humedad (se refiere al contenido de agua que muestra el agregado y densidad, que se refiere al grado de compacidad que muestra las partículas).
- Parámetros estrictamente geomecánicos: esfuerzo cortante, deformación o permeabilidad.

El suelo se clasifica según el tipo de descomposición de las rocas, por lo que se divide en suelo inorgánico y suelo orgánico. El suelo inorgánico se produce debido a factores físicos y químicos como la meteorización; sin embargo, la descomposición del suelo orgánico se produce por la acción de microorganismos. Las plantas y otras materias orgánicas son degradadas por microorganismos, dejando humus como productos, estas finas partículas se combinan con partículas minerales en diferentes proporciones para formar suelo orgánico. Por otro lado, en la ingeniería los tipos agregados se clasifican dependiendo de la dimensión de sus partículas, como grava, arena, arcilla y limo (Crespo, 2004).

Respecto a la clasificación de suelos, el autor de (Terzaghi & Peck, 1973) menciona que los suelos se organizan en grupos, teniendo en cuenta la similitud de propiedades y características de los agregados. al determinar las características del suelo se aplican pruebas de granulometría y consistencia.

Según (Guaman Iler, 2016) nos dice que el sistema de clasificación AASHTO clasifica los suelos en suelos granulares, arcillosos limosos y orgánicos, que se evalúan para ser usados como terraplenes o subrasantes. El sistema de símbolos de este sistema se divide en 7 grupos, de A-1 a A-8. mientras más alto sea el valor del sistema de símbolos, más bajo será la calidad del suelo, como se muestra en la tabla13 de los anexos.

De acuerdo con la clasificación internacional de SUCS, el suelo se divide en granos finos y gruesos, este sistema es la forma más acelerada de identificar y agrupar agregados. El suelo de grano fino se divide en arcilla (C), limo (M), limo y arcilla orgánica (O); por otro lado, el suelo de grano grueso se divide en grava (G) y arena (S) (Sowers, 1972). como se muestra en la tabla14 y tabla15 de los anexos.

La arcilla son roca sedimentaria descompuesta, conformada por pequeñas partículas (Chavez & Ocolo, 2018) indica que estas son menores a 0.02 mm, compuestas principalmente de silicatos de hierro, aluminio, magnesio, etc. se caracteriza que al ser mezclado con agua adquiere plasticidad. La clasificación se estas basan en las formas cristalinas del suelo, que son un factor que influye sobre las propiedades físicas de las arcillas, los principales minerales son:

Caolinitas: según (Llamoga, 2017) estas se forman por superposición indefinida de láminas alumínicas y silícicas cabe mencionar no presentan gran expansión o hinchamiento cuando se satura.

illitas: (Terrones, 2018) menciona la expansión o hinchamiento es mayor que las caolinitas, pero menos que las montmorillonitas.

Montmorillonitas: Esta arcilla posee una estructura similar a la de las illitas, sin embargo, la unión es mucho más débil. (Terrones, 2018) afirma resulta ser inestable, especialmente ante la presencia de agua.

Vermiculitas: La estructura de la vermiculita es similar a la montmorillonita, excepto que los cationes que proporcionan los enlaces entre láminas son predominantemente de magnesio, acompañados por algunas moléculas de agua (Llamoga, 2017).

La granulometría es el ensayo que permite La determinación del tamaño de partículas es una prueba que permite el uso de una serie de tamices estandarizados para diferenciar el suelo en función de la proporción de diferentes tamaños de partículas, porque las muestras de suelo varían en forma, tamaño y apariencia. Después de conseguir el porcentaje de retención de suelo en cada tamiz, se realiza una gráfica semilogarítmica, colocando el porcentaje en peso de la muestra de los tamices en el eje "Y" y colocando la abertura de cada tamiz en el eje "X". a través de esta prueba se puede obtener el contenido de arena, grava y partículas finas como son limo y arcilla (William segundo, 2014).

En función del tamaño de las partículas obtenidas del suelo, se definen los siguientes términos. Mostrados en la tabla16 de los anexos.

Podemos definir que el contenido de humedad es la relación que se da como porcentaje del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas (MTC, manual de ensayo de suelos, 2016)

Según él (MTC, manual de ensayo de suelos, 2016) la plasticidad es la característica de estabilidad que posee un suelo sin desintegrarse cuando logra un determinado límite de humedad. Debemos tener en cuenta que la plasticidad de un suelo no está limitada por sus componentes gruesos que contenga, sino que de los finos que tiene. Se debe tener en cuenta los resultados del análisis granulométrico no permite la evaluar la plasticidad.

El límite de Atterberg determina qué tan sensible es el comportamiento del suelo a su contenido de agua delimitando así límites resultantes a tres estados de consistencia de acuerdo a su contenido de humedad, que pueden representar el suelo: plástico o líquido, sólido. Para medir la cohesión del suelo son: límite líquido (se da cuando el suelo cambia de un estado semilíquido a un estado plástico y logra ser moderado), límite plástico (se da cuando el suelo cambia de un estado plástico a un estado semisólido y se fractura) Y límite de contracción (cuando el suelo cambia de semisólido a sólido y deja de encogerse cuando pierde humedad) (MTC, Manual de suelos, Geología y Pavimentos, 2013). Como se muestra en la tabla17 de los anexos.

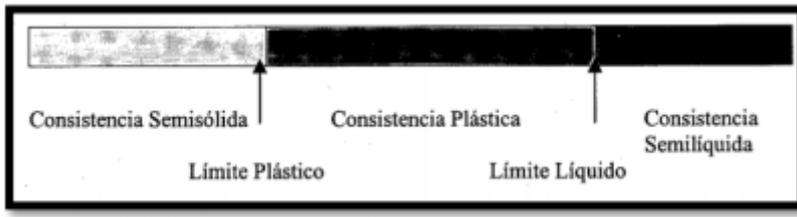


figura 3.límites de Atterberg

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Al determinar la humedad natural nos permitirá hacer una comparación con la humedad óptima obtenida en la prueba de Proctor para de esta manera obtener el CBR. Si el resultado de la humedad natural es igual o menor que la humedad óptima, los expertos recomendarán compactar el suelo normalmente y agregar proporción conveniente de agua. Cuando la humedad natural es mayor a la humedad óptima de acuerdo con la saturación del suelo, es recomendable aumentar la energía con la que se está compactando o reemplazar el material saturado (MTC, Manual de suelos, Geología y Pavimentos, 2013).

La compactación del suelo es una propiedad mecánica y una de las propiedades más evaluadas en la investigación de suelos. La compactación es un parámetro relacionado con el contenido de humedad del suelo y su peso unitario seco, para ello se realizó una prueba Proctor modificada.

La prueba cubre el procedimiento de compactación utilizado en el laboratorio para establecer la relación entre el contenido de humedad del suelo y el peso unitario seco obteniendo así una curva de compactación utilizando con un punzón de 44,5 N (10 lbf) cae desde una elevación de 457 mm (18 pulgadas), que genera una fuerza de compactación producida es (2700 kN-m / m<sup>3</sup> (56000 ft-lbf / ft<sup>3</sup>)). (MTC, Manual de análisis de suelos, 2016) (MTC, manual de ensayo de suelos, 2016)

Uno de los indicadores a tener en cuenta de la subrasante viene a ser la capacidad soporte, hay muchas formas de encontrarla, pero la más utilizada es la prueba CBR. Con este ensayo podemos determinar si la subrasante es útil o no para ser empleado en obras viales, también es una variable que debe considerarse en el diseño de pavimentos.

Según él (ministerio de transporte y comunicacion, 2016) nos dice que el ensayo de CBR, Esta es una de las pruebas que se pueden utilizar para caracterizar el suelo, sin embargo, cabe mencionar que se puede evaluar la resistencia permisible de la bases, subbase y subrasante.

El ensayo CBR, Es un ensayo de laboratorio o de campo para determinar la capacidad soporte compactado y agregado compactado, mide la resistencia del suelo al corte, en el que intervienen la densidad y humedad, estas variables deben tendrán que ser vigiladas para así conseguir un soporte porcentual.

Ya sea diseñando un pavimento flexible o un pavimento rígido, la calidad que tiene la subrasante afectara directamente estructura de la obra vial, es decir, si la subrasante no cuenta con propiedades buenas el espesor de diseño será mayor. La subrasante clasificar según CBR de acuerdo con la tabla18 de los anexos.

Según (Chavez Arbayza & Odar Yabar, 2019) La estabilización se puede realizar por diferentes métodos, por ejemplo, según el método propuesto por el MTC, sobre la mejora y estabilización del suelo. El objetivo principal es aumentar la resistencia mecánica dentro de un rango apropiado.

Por otro lado, la subrasante es el material sobre el cual se coloca la estructura de la obra vial en otras palabras es la fundación sobre el cual será construido el pavimento. existe una tendencia a observar el comportamiento del pavimento ya sea en términos de estructura del pavimento o en términos de diseño de mezcla, la subrasante con frecuencia es el factor principal en el rendimiento del pavimento (Pavement Interactive, 2020)

La subrasante se puede definir como suelo nativo que se compacta específicamente para resistir la carga sobre él. Esta es una capa requerida para muchas estructuras (como losas y aceras). (RoutesToFinance, 2021) nos muestra algunas en el mejoramiento de esta como son:

- Brinde soporte y resistencia al pavimento.
- Proporcionar protección contra heladas y drenaje.
- Evitar asentamientos en las losas en pendiente y en pavimentos.

- Mantener a los trabajadores de campo fuera del lodo
- Genere una superficie utilizable antes de que se complete el trabajo de pavimentación completado.
- Reduce los costos de construcción

La estabilización del suelo consiste en mejorar sus propiedades físicas mediante procesos mecánicos incorporando productos sintéticos, químicos. estos procesos se realizan en suelos con subsuelo inestable, resultando en el uso de cal, hormigón, asfalto, polímeros, entre otros, como estabilizantes (Flores Castañeda, 2020).

Cabe señalar que la principal razón para mejorar el sustrato es aumentar la resistencia mecánica, obteniendo así un incremento en la unión entre las partículas del sustrato para asegurar que la humedad varíe dentro del rango óptimo y por tanto cargadas adecuadamente. estabilidad, mínima variación de volumen y resistencia de la capa (Flores Castañeda, 2020).

Se tiene varios tipos de estabilización entre los cuales tenemos:

La estabilización mecánica tiene como objetivo mejorar el suelo existente sin cambiar la composición básicas y estructura. Para lograr estabilizar utilizamos la compactación para reducir el volumen de huecos presente en el suelo. Se puede obtener una mayor densidad cuando se compacta el suelo, lo que ayudará a que la carga transferida a la superficie de la carretera se distribuya de manera eficiente. En la subrasante se obtiene una menor presión y deflexión, y a su vez, los elementos compactos tendrán una mayor estabilidad, evitando así un posible asentamiento en la calzada, lo que lleva a la inestabilidad en la obra vial (MTC, Manual de suelos, Geología y Pavimentos, 2013).

La estabilización por combinación Implica agregar otro material de una cantera lo que puede mejorar el rendimiento del material existente. Generalmente, para este tipo de estabilización es necesario buscar suelo granular con rocas fracturadas o bolones. En este caso es necesario verificar previamente si la granulométrica obtenida y la distribución uniforme facilitando así el proceso de compactación y reduciendo el número de huecos (Mendez Acurio, 2009).

(Mendez Acurio, 2009) menciona que la estabilización mediante por sustitución se realiza a una cierta profundidad en la cimentación para que pueda ser removida y reemplazada por materiales de préstamo. Este tipo de tratamiento es común en áreas cercanas al sitio donde se pueden obtener materiales de préstamo,

Según la Norma Técnica de estabilizadores químicos (MTC, 2013) es una tecnología basada en la incorporación de productos químicos, generalmente se denomina estabilizador químico, el aditivo debe mezclarse uniformemente con el suelo a mejorar con respecto a las dosificaciones se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas del producto. El objetivo principal de la aplicación de estabilizadores químicos es transferir algunas propiedades al suelo para mejorar su desempeño en la fase de construcción y / o servicio.

(Castro Cuadra, 2017) nos indica que es la mezcla de un producto químico con el suelo, este reacciona químicamente logrando modificar las propiedades del suelo.

Se consideran muchos tipos, incluidos productos enzimáticos, cemento, subproductos del petróleo, escorias, polímeros entre otros. Los estabilizadores químicos tienen un impacto en las características de desempeño del suelo. (MTC, Manual de suelos, Geología y Pavimentos, 2013).

Al combinar cal, agua con el suelo, obtenemos la mezcla denominada cal-suelo. La cal empleada es óxido de calcio también conocida como cal viva o cal hidratada. Es obtenida por la calcinación a partir de materias primas de materiales calizos o hidróxido de calcio llamada también cal apagada o cal hidratada. Este tipo de cal también se llama aéreas porque tienden a endurecer al estar en contacto con el aire una vez esta sea mezclada con el agua por acción de anhídrido carbónico. (MTC, Manual de suelos, Geología y Pavimentos, 2013).

Además (Little, 2000) Nos dice el uso de la cal es favorable para tratar suelos plásticos (arcillas). La cal ayuda a reducir de manera significativamente la plasticidad. además, proporciona facilidad para una posterior trituración posterior del suelo.

Según el (MTC, 2013) Es el producto de una mezcla uniforme de tierra, cemento, agua y otros aditivos casuales para posteriormente ser compactando con un curado adecuado. Al usar este componente el material suelto se vuelve más resistente

porque las partículas del piso están unidas entre sí por la acción del cemento. Las propiedades que presenta el suelo estabilizado con cemento dependen de la calidad de suelo, curado, agua, cemento, rendimiento y la edad de la mezcla compactada.

La estabilización del cemento consta de varias etapas, la primera etapa es el efecto de las propiedades de las fibras de silicato de calcio que se forman cuando las partículas de cemento están en contacto con el agua. Debido a esta reacción, se forman una gran cantidad de fibras diminutas, que están estrechamente conectadas entre sí y con otras partículas. La solución formada por la mezcla de cemento y agua reacciona con las partículas del suelo, en esta reacción, los iones de calcio tienden a juntar las partículas cargadas negativamente del suelo, provocando su floculación debido a la gravedad. Finalmente, si la mezcla se compacta, el calcio reacciona con sílice y alúmina de tamaño coloidal para producir un complejo compuesto de silicato y aluminato, aumentando lentamente la resistencia de la mezcla (Aliaga & Soriano, 2019) .

Para la estabilización con productos asfálticos comúnmente se tiende a utilizar los asfaltos fluidificados de viscosidad media y emulsiones asfálticas. Este método se utiliza para aumentar la estabilidad de las características aglomerantes del ligante que está envuelto las partículas del suelo, Una vez que sea impermeable, se reducirá su sensibilidad a los cambios de humedad, haciéndolo más estable en condiciones adversas (MTC, Manual de suelos, Geología y Pavimentos, 2013).

(Instituto de la Construcción y Gerencia, 2016) Señaló si se trataba de la estabilización de productos asfálticos, como asfalto líquido, emulsión asfáltica y alquitrán. El uso de estos productos para la estabilización tiene las siguientes finalidades:

En suelos no plásticos o arenosos, se pretende que ejerza un efecto aglutinante, y junto con la fricción del suelo, evitar que la capa mejorada se deforme bajo la acción del tráfico.

En suelos cohesivos, los estabilizadores están diseñados para aglomerar partículas de arcilla y llenar los huecos, haciendo que el suelo sea impermeable y protegiéndolo del agua.

Según (Camacho Tauta, Reyes Ortiz, & Mayorga Antolinez, 2010) El aceite sulfonado es un líquido soluble en agua que actúa como catalizador del intercambio iónico, cabe mencionar que químicamente son compuestos orgánicos formados por la combinación de sulfuros y ácidos. La razón para usar estos aceites es reducir la humedad entre las partículas del suelo y aumentar el número de huecos que permiten que las partículas se reorganicen a través de la atracción o compactación entre ellas.

La estabilidad del polímero es un compuesto formado por macromoléculas. Es el resultado de la formación del mismo tipo o diferentes tipos de cadenas largas, en las que se repite una unidad (llamada monómero); la combinación de un mismo monómero se denomina homopolímero, que se compone de La formación de múltiples monómeros se denomina copolímero. Existen polímeros naturales y polímeros artificiales, siendo estos últimos los más utilizados en diferentes industrias de estabilización de suelos (Lomparte Cabanillas & Sanchez Neglia, 2019).

El uso de una fuerte emulsión de copolímero acrílico de estireno tiene una excelente resistencia al agua y al envejecimiento. Para aplicaciones de control de polvo de estabilización de suelo / agregados (MCTRON tecnologioes, 2021)

Existen otros tipos de materiales que se utilizan para la estabilización, como la ceniza vegetal, que proviene de la quema de diferentes tipos de tallos. Los más comunes son la ceniza de eucalipto, la ceniza de bagazo y la ceniza de cáscara de arroz. Estas cenizas tienen las características de materiales puzolánicos, alta proporción de sílice y alúmina. Cuando se mezcla con agua, sufre una reacción química para obtener propiedades cementantes. (Cañar Tiviano, 2017).

(Renjith, y otros, 2017) nos dice que, En los últimos 30 años, las enzimas como estabilizadores del suelo se han utilizado con éxito en la construcción de carreteras en algunos países. Sin embargo, los estudios han demostrado que la aplicación exitosa de estas enzimas es un caso específico, enfatizando que el desempeño de

la enzima depende del tipo de suelo, las condiciones y el tipo de enzima utilizada como estabilizador. Hasta el momento, no existe una norma o herramienta universal para que los ingenieros viales utilicen enzimas para evaluar el rendimiento de los pavimentos.

(Eujine, 2017) nos dice que las enzimas orgánicas son biocatalizadores de partículas del suelo y pueden presentarse como materia orgánica superconcentrada. Esto juega un papel en la mejoría de las propiedades geotécnicas del suelo, mejorando la base, densidad y la resistencia entre los elementos, lo que lo hace de mejor calidad.

Los estabilizadores de enzimas pueden mejorar la unión permitiendo así acercar las partículas del material del suelo. La penetración de los ingredientes activos en la preparación enzimática se ve favorecida por los agentes humectantes y tensioactivos presentes en la preparación enzimática. (Aboukhadra, 2017).

Según (Ganapathy, 2018) Se puede decir que los aditivos orgánicos se pueden dividir en tres categorías según componentes aniónicos, catiónicos y no iónicos. Se agrega al suelo en forma de polvo, líquido, solución o emulsión para asegurar la distribución uniforme y así obtener una buena combinación de aditivo y suelo.

Se encuentran comercialmente disponibles estabilizadores enzimáticos para suelos. El producto es una mezcla de enzimas orgánicas, que tiene un efecto cementante o aglutinante sobre las partículas presentes en el suelo tratado, de manera que se logra la formación de una capa con mayor capacidad de carga, que es prácticamente impermeable al agua. Este Aditivo contiene productos del metabolismo microbiano en su formulación final, incluidas las enzimas, y se obtienen mediante la degradación enzimática (fermentación) de productos orgánicos de acuerdo con el proceso estándar ISO 16000 (VERVICTECH, 2020).

Estas enzimas tienen un efecto catalizador pueden acelerar y fortalecer la adhesión de los sustratos de las carreteras. Crea una base más densa, más agresiva y más estable, que aumentará su resistencia a la compresión con el tiempo. Se utiliza como subbase o base. Al crear una base o capa base más estable, evitará "fallas" en la obra vial. Para obtener los mejores resultados en el uso del producto, se deben cumplir algunas condiciones físicas, tales como:

Granulometría. El suelo debe pasar la malla Nro. 200 en 18 a 30%.

Índice Plástico. Intervalo 5 a 15.

pH. Intervalo 4.5 a 8.5

El aditivo enzimático tiene igual rendimiento y su criterio de aplicación es Similar a los demás estabilizadores orgánicos.

Una cubeta (20L) puede tratar 627 m<sup>3</sup> de material removido o esponjado.

La concentración de aditivo en un suelo tratado es de: alrededor de 17,3 mg/kg.

La tasa de dilución puede variar de acuerdo a la humedad del suelo. (1:220 a 1:440)

Rango de compactación: 100%

## III METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El Tipo de investigación para este proyecto es de tipo aplicada. (Sánchez & Reyes, 2017) sostienen que es aplicada una investigación, porque se orienta a la evaluación científica que busca resolver problemas prácticos, explicando en qué circunstancias se da un fenómeno.

Si el objetivo de esta investigación es utilizar el conocimiento científico para obtener nuevas tecnologías, métodos o protocolos que brinden soluciones a necesidades conocidas, entonces la investigación es un tipo de aplicación (Congreso De La Republica, 2018)

Según (Arias, 2015) La investigación experimental es un instrumento que aplica una acción a una cosa o un grupo de personas, en el cual el investigador manipula variables (variables independientes) bajo ciertas condiciones y determina la respuesta resultante (variables dependientes). Como su nombre indica, se trata de un tipo de investigación experimental, en este caso se realizarán ensayos de laboratorio, manipularemos una de las variables y así determinaremos el nivel de ocurrencia y el comportamiento de la otra variable.

El método de investigación a aplicar es el análisis cuantitativo de los elementos utilizados se definen matemática y estadísticamente los resultados de con los cuales se explicar y predice fenómenos a través de datos numéricos.

### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable1:** Estabilización de subrasante.

La estabilización de la subrasante reside en el uso de procedimientos mecánicos y la adición de sustancias químicas, sintéticas o naturales buscando mejorar las propiedades físicas del suelo. Además, Se busca mejorar su rendimiento, resistencia mecánica y durabilidad con el paso del tiempo. Podemos decir que los métodos utilizados para la estabilización son variados, desde agregar otro suelo hasta agregar estabilizadores.

**Variable2:** enzima orgánica

Las enzimas orgánicas o aditivos enzimáticos son productos elaborados con enzimas orgánicas, que se fermentan para estabilizar los materiales granulares. Se utilizan para para el mejoramiento de obras viales utilizados ya sea en carreteras afirmadas, subbases, bases y subrasantes. Para lograr cumplir con las especificaciones técnicas que requiere el proyecto así mismo mejora en procesos de homogeneización y compactación también aumentan la resistencia del suelo (CBR) y la capacidad de corte.

**3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis****población**

Para McClave, Benson y Sincich afirma “una población es un conjunto de unidades usualmente personas, objetos, transacciones o eventos; en los que estamos interesados en estudiar”

Se considero como población la carretera no pavimentada que se ubica en el jr. Justa palma.

Región: Apurímac

Departamento: Apurímac

Provincia: Andahuaylas

Distrito: Talavera

Localidades: centro poblado - Hualalachi

**Muestra**

La muestra es una pequeña parte de la población, lo que también significa que forma parte de la composición correspondiente al grupo delineado según su naturaleza. Lo llamamos población\_ (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

La muestra que se utilizó para la presente investigación se realizó 03 calicatas en el Jr. Justa palma – talavera -Andahuaylas - Apurímac.

- Aditivo enzimático

- 3 dosificaciones  
0.03l/m<sup>3</sup>  
0.05l/m<sup>3</sup>  
0.07l/m<sup>3</sup>

## **Muestreo**

Para Arias (2006, p. 83) definen muestreo como “Un proceso en el que se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra”.

En este estudio el muestreo fue el denominado no probabilístico en su modalidad “A criterio” de los investigadores.

## **Unidad de análisis**

Como unidad de análisis en este estudio se consideró la subrasante, porque es la que se evaluará, cabe mencionar que estará en función de la población y la muestra.

### **3.4. técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para Huamanchumo y Rodriguez (2015) define que La técnica de recolección de datos consciente organizar datos y reunir datos sobre hechos o fenómenos sociales concernientes con el tema que inspira la investigación.

La técnica utilizada en este estudio consiste en recolectar los resultados del análisis a través de las pruebas de laboratorio que se realizarán. Para ello se utilizarán diferentes fichas, en los que se registrarán los datos obtenidos en base al instrumento establecido en el manual de pruebas de laboratorio MTC, que ayudará a recolectar los datos correctamente y evitar errores en el desarrollo experimental.

### **3.5. procedimientos**

Para la investigación el procedimiento que se empleara es determinar el área de investigación donde se ubica el área más crítica, donde se efectuará calicatas (03) para obtener la muestra para posteriormente ser llevadas al laboratorio para ser estudiadas. Se incorporará enzima orgánica según las fichas técnicas del proveedor. Se llevarán a cabo los ensayos de laboratorio correspondientes como son: la clasificación (SUCS y AASHTO), límites líquido (MTC E 110), límite plástico (MTC E 111), índice de plasticidad (MTC E 111), Proctor modificado (MTC E 115 –

2000) y CBR (MTC E 132 - 2000). Estos ensayos nos permitirán, medir las propiedades físicas y mecánicas del terreno natural.

### **3.6. método de análisis de datos**

Para el análisis de los datos conseguidos se empleará el software necesario para interpretar los datos obtenidos mediante observación y registro en un instrumento de recolección de datos validado, el cual será comparado con las hipótesis así determinadas. aceptar o rechazar estas.

### **3.7. aspectos éticos**

Este proyecto de investigación fue hecho de manera transparente y honesta, respetando los lineamientos determinados y dar la razón a los autores cuyas contribuciones fueron la fuente de la base de esta investigación.

#### IV RESULTADOS

Para la presente investigación se realizaron ensayos de para determinar características físico mecánicas en condiciones actuales en la carretera no pavimentada, que se empleara en la construcción de pavimento rígido jr. Justa palma - Distrito talavera - Provincia Andahuaylas – Departamento Apurímac

tabla 1.

Tabla 1 Ensayo granulométrico por tamices ASTM Norma (MTC E 107)

cuadro resumen de ensayo granulométrico por tamices 100%				
TAMAÑO DE		PESO	%	%
TAMICES		RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)	(%)
4"	101.6	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.1	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	16.00	0.95	99.05
Nº 4	4.76	17.00	1.01	98.04
Nº 10	2	31.00	1.84	96.20
Nº 40	0.426	78.00	4.63	91.56
Nº 100	0.14	229.00	13.61	77.96
Nº 200	0.074	65.00	3.86	74.09
CAZUELA	0.01	1247.00	74.09	0.00
TOTAL:		1683.00	100.00	

Fuente: elaboración propia



figura 4. ensayo granulométrico por diferentes tamices

Fuente: elaboración propia

Tabla 2.

Tabla 2. *Contenido de humedad y Limite de consistencia del terreno natural*

CALICATA	contenido de humedad %	límites de consistencia			clasificación	
		LL (malla N° 40)	LP (malla N° 40)	IP (%)	SUCS	AASHTO
C-01	14.15	22.5	14.5	8	CL	A - 4

Fuente: elaboración propia

Para poder realizar este ensayo toma en cuenta los porcentajes de suelo que atravesó de los diferentes tamices hasta el de 74mm (N° 200)

Interpretación: según la clasificación por SUCS nos señala es un suelo CL de tipo arcilla inorgánica de baja plasticidad. referente clasificación AASHTO es de tipo A - 4 suelo limoso.

A continuación, mostrare los resultados de los límites de atterberg obtenidos en laboratorio del terreno natural así mismo con la incorporación de enzima orgánica con concentraciones del 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup>.

Tabla 3.

Tabla 3. *Límite Líquido*

ENZIMA ORGANICA	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
límite liquido	22.5	20.6	19.3	18.7

Fuente: elaboración propia

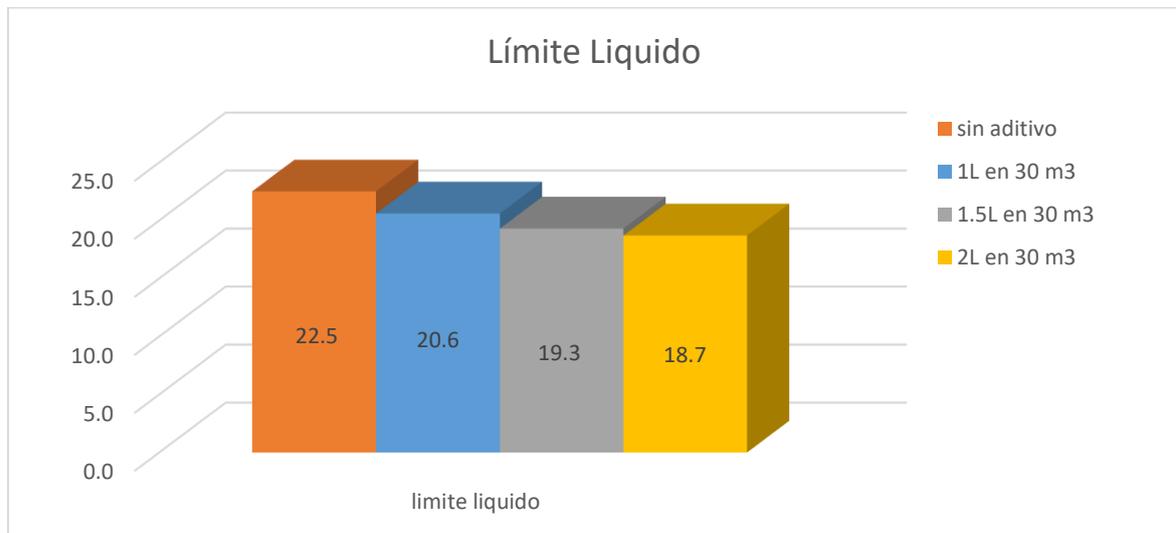


figura 5. histograma de resultados de límite líquido

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar la tabla 9 se obtuvo un límite líquido de 22.5% de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m3, 0.05lt/m3 y 0.07lt/m3 se obtuvo mejoras en la disminución del límite líquido en 20.6%,19.3% y 18.7% respectivamente.

Tabla 4.

Tabla 4. *Limite Plástico*

ENZIMA ORGANICA	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
limite plástico	14.5	14.0	13.5	13.0

Fuente: elaboración propia

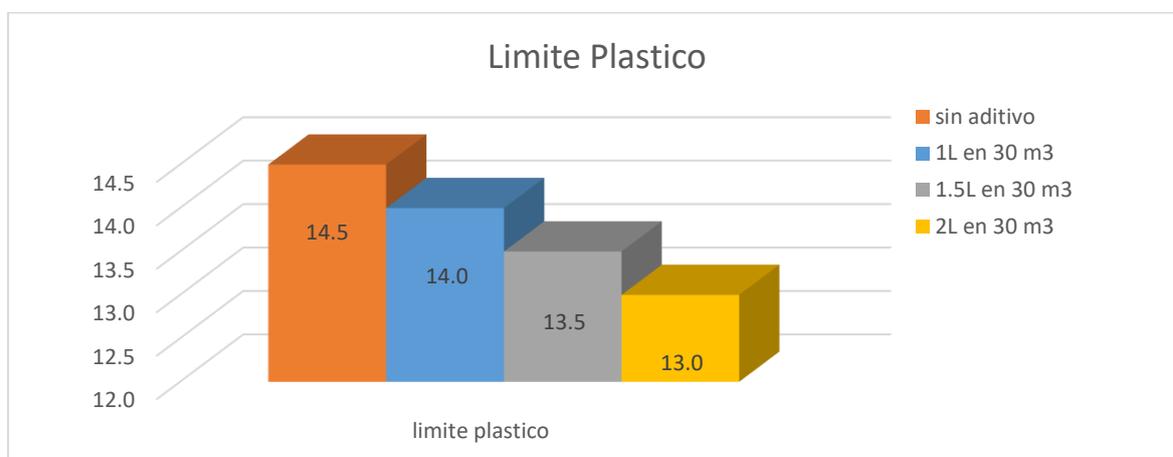


figura 6.histograma de resultados de limite plástico

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar la tabla 10 se obtuvo un límite plástico de 14.5% de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m3, 0.05lt/m3 y 0.07lt/m3 se obtuvo mejoras en la disminución del límite plástico en 14.0%,13.5% y 13.0% respectivamente.

Tabla 5.

Tabla 5. *Indice De Plasticidad*

ENZIMA ORGANICA	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
índice de plasticidad	8.0	6.6	5.9	4.7

Fuente: elaboración propia

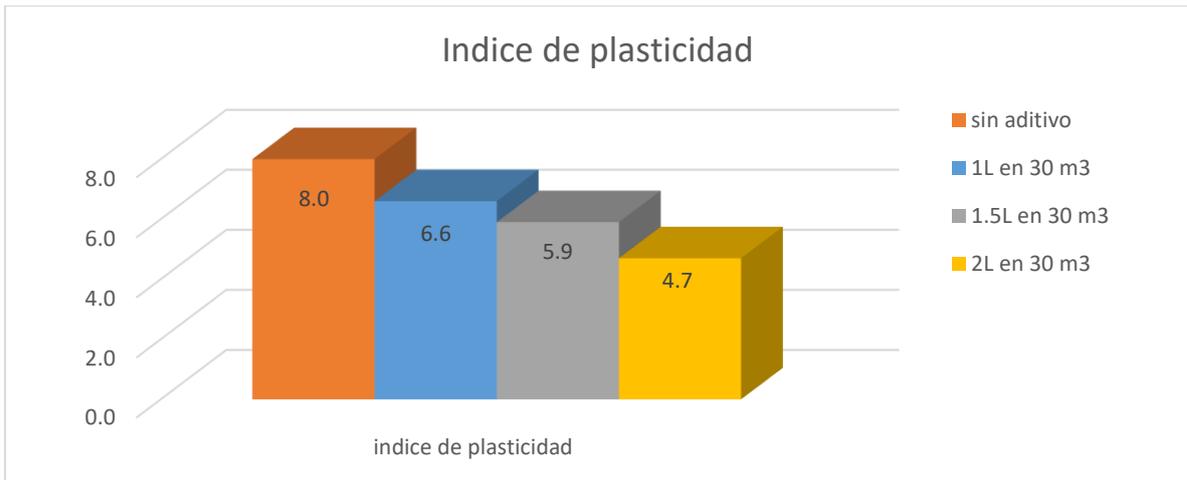


figura 7.histograma de resultados de índice de plasticidad

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 11 se obtuvo el índice de plasticidad de 8.0% de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> se obtuvo mejoras en la disminución del índice de plasticidad en 6.6%,5.9% y 4.7% respectivamente.



figura 8.ensayo de limite plástico con la utilización de la cuchara de casa grande

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.

Tabla 6. Cuadro resumen de los límites de Atterberg

ENZIMA ORGANICA	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
limite liquido	22.5 %	20.6 %	19.3 %	18.7 %
limite plástico	14.5 %	14.0 %	13.5 %	13.0 %
índice de plasticidad	8.0 %	6.6 %	5.9 %	4.7 %

Fuente: elaboración propia

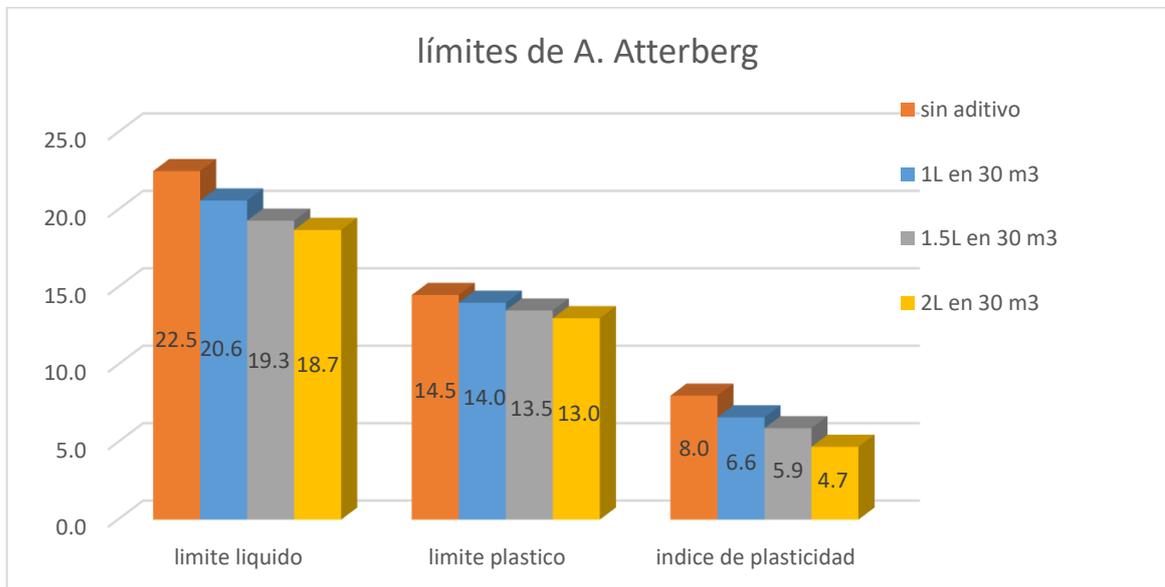


figura 9. histograma de resultados de los límites de Atterberg

Fuente: elaboración propia



figura 10.compactación de la muestra en molde de Proctor

Fuente: elaboración propia

Referente al Proctor Modificado se realizó con la misma relación de cada dosificación 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> de enzima orgánica. en la siguiente tabla se muestra el progreso de la densidad máxima seca.

Tabla 7.

Tabla 7.densidad seca máxima (tn/m<sup>3</sup>)

enzima organiza	sin aditivo	1L en 30 m <sup>3</sup>	1.5L en 30 m <sup>3</sup>	2L en 30 m <sup>3</sup>
densidad seca máxima (tn/m <sup>3</sup> )	1.81	2.01	2.09	2.11

Fuente: elaboración propia

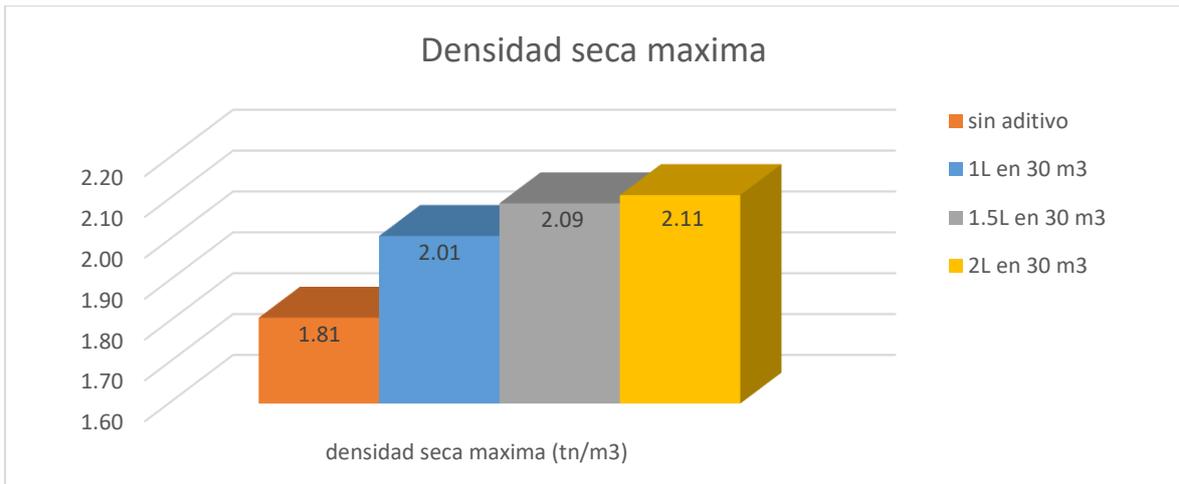


figura 11. Histograma de densidad seca máxima

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar la tabla 13 se obtuvo una densidad seca de 1.81tn/m<sup>3</sup> de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> se obtuvo mejoras en el incremento de la densidad seca en 2.01tn/m<sup>3</sup>, 2.09tn/m<sup>3</sup> y 2.11tn/m<sup>3</sup> respectivamente.

Tabla 8.

Tabla 8.contenido de humedad optima (%)

enzima orgánica	sin aditivo	1L en 30 m <sup>3</sup>	1.5L en 30 m <sup>3</sup>	2L en 30 m <sup>3</sup>
contenido de humedad optima (%)	14.22	12.38	12.17	11.70

Fuente: elaboración propia

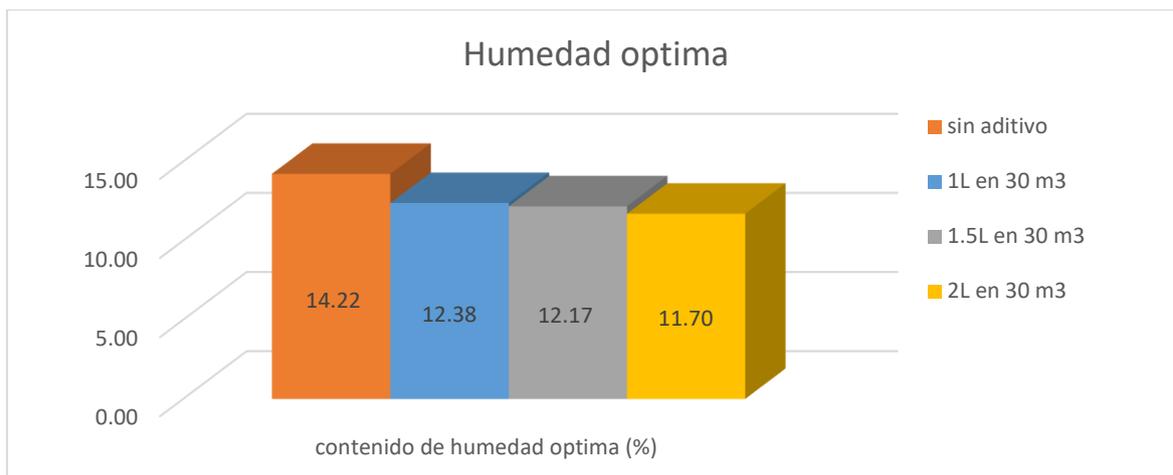


figura 12. Histograma de humedad optima

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 14 se obtuvo una humedad natural de 14.22% de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> se obtuvo mejoras en la reducción de la densidad seca en 12.38%, 12.17% y 11.7% respectivamente.

Tabla 9.

Tabla 9. Resumen de resultados de Proctor modificado

enzima orgánica	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
contenido de humedad optima (%)	14.22	12.38	12.17	11.70
densidad seca máxima (tn/m <sup>3</sup> )	1.81	2.01	2.09	2.11

Fuente: elaboración propia

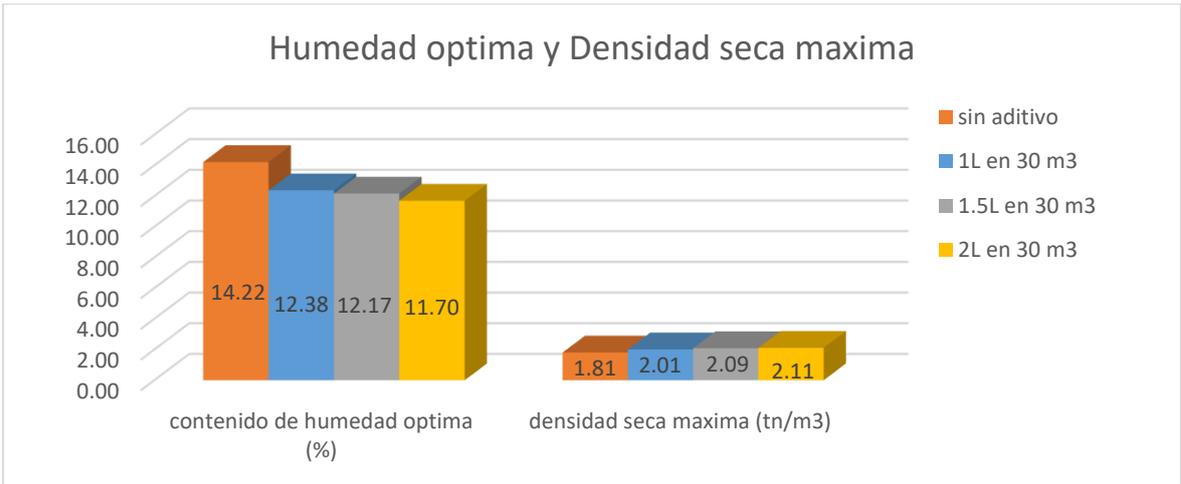


figura 13. histograma de resultados de Humedad optima y Densidad seca máxima

Fuente: elaboración propia

Al adicionar la enzima orgánica para la estabilización de suelos, podemos notar el incremento de la densidad seca máxima y la reducción del contenido de humedad óptima respecto a la muestra que no contiene aditivo.



figura 14. lectura de expansión antes y después de sumergir muestra

Fuente: elaboración propia

Tabla 10.

Tabla 10. resumen de expansión y absorción a 56 golpes

	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
expansión % (56 golpes)	14.74	13.44	11.85	10.03
absorción % (56 golpes)	6.80	5.55	4.33	4.06

Fuente: elaboración propia

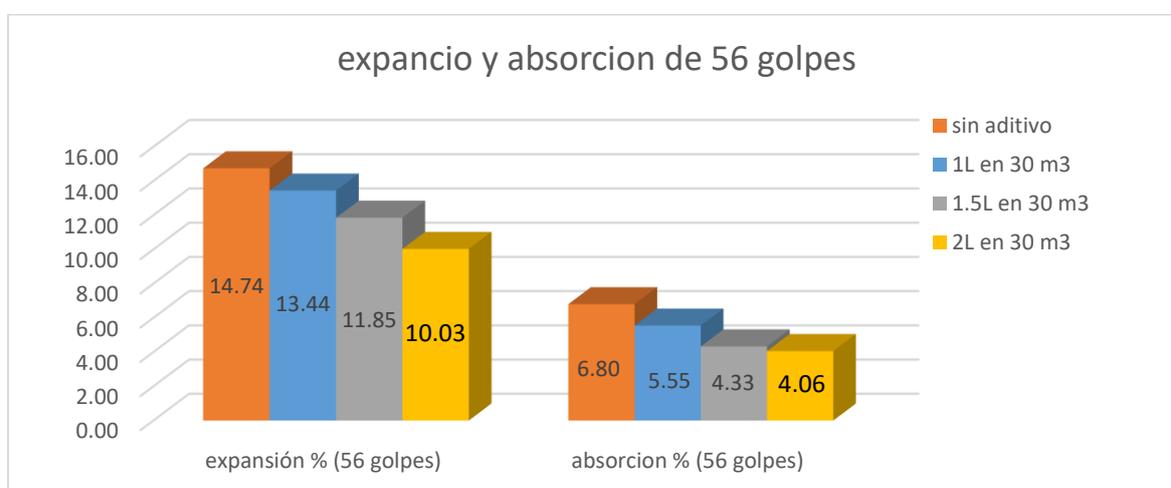


figura 15.histograma de resultados expansión y absorción a 56 golpes

Fuente: elaboración propia

Para la realización de esta prueba se tomaron en consideración las pautas de laboratorio, al final de la compactación, enrasado y registrar el peso de la muestra, las cuales fueron sumergidas en un aposa por 97 horas, se debe mediar cada 24 horas la expansión esta con ayudada de un manómetro dial y un trípode.



figura 16.elaboración de ensayo de CBR y pesaje de molde con material compactado

Fuente: elaboración propia



figura 17.elaboración de ensayo de penetración CBR

Fuente: elaboración propia

Tabla 11.

Tabla 11. resultados de CBR con la adición de enzima orgánica

	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
CBR AL 100%	19.3	26.2	26.9	28.0
CBR AL 95%	15.7	20.8	23.7	24.8

Fuente: elaboración propia

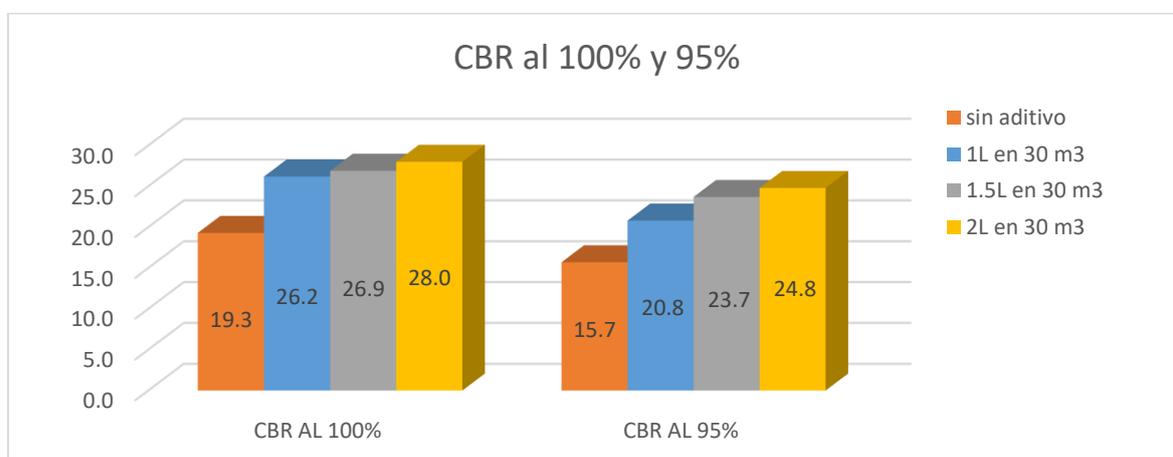


figura 18.histograma de resultados de CBR con la adición de enzima orgánica

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar la tabla 17 al realizar la prueba de CBR al 100% en el terreno natural se obtuvo un valor CBR de 19.3%, al adicionar la enzima orgánica en proporción de 0.03lt/m<sup>3</sup> se obtuvo un valor de CBR de 26.2% eso representaría una mejora de 6.9% con respecto al terreno natural, posteriormente se adiciono la enzima orgánica en una proporción de 0.05lt/m<sup>3</sup> la cual mostro un valor de CBR de 26.9% que al comparar con el resultado del CBR del terreno natural nos daría una mejora de 7.6%, para finalmente se incorpora la enzima orgánica con una concentración de 0.07lt/m<sup>3</sup> al terreno natural esto ocasionó un incremento del CBR de 28.00% que al comprar con el CBR del terreno natural obtuvimos una mejora de 8.7%.

Tabla 12.

Tabla 12. Resumen de resultados de laboratorio con enzima orgánica

tipo de ensayo	norma	sin aditivo	1L en 30 m3	1.5L en 30 m3	2L en 30 m3
límite de atterberg					
limite liquido	MTC E 110	22.50%	20.60%	19.30%	18.70%
limite plástico	MTC E 111	14.50%	14.00%	13.50%	13.00%
índice de plasticidad	MTC E 111	8.00%	6.60%	5.90%	4.70%
Proctor modificado					
densidad seca máxima	MTC E 115-2000	1.81 tn/m3	2.01 tn/m3	2.09 tn/m3	2.11 tn/m3
contenido de humedad optima	MTC E 115-2000	14.22%	13.38%	12.17%	11.70%
CBR					
CBR 95%	MTC E 132	15.70%	20.80%	23.70%	24.80%
CBR 100%	MTC E 132	19.30%	26.20%	26.90%	28.00%

Fuente: elaboración propia

## V DISCUSIÓN

### **Hipótesis general: se mejorará significativamente la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021**

Sobre la hipótesis general después de las pruebas de laboratorio se concluye que la enzima orgánica tiene un efecto significativo en la estabilización del sustrato, aumentando la resistencia al agua y al cambio de humedad, además de las propiedades mecánicas, La contribución la enzima orgánica en la mejora de la calidad del sustrato es significativa. Se tiene según los ensayos de laboratorio mejoras en los límites de atterberg como es el caso del límite líquido en que se obtuvo del terreno natural un límite líquido de 22.5%, al adicionar la enzima orgánica se obtuvo mejoras en la reducción de esta en 3.8%. así mismo el límite plástico del terreno natural obtenido es 14.5%, al incorporar el aditivo se redujo el porcentaje en 1.5% y por último con respecto a los límites de atterberg se notó la reducción en el índice de plasticidad del terreno natural de 8% en 3.3%.

Estos resultados obtenidos de laboratorio tienen similitud con los obtenidos por (Ayala Avellan, 2017), que es su investigación se obtuvo valores de límite líquido en las muestras M -1, M-2 y M- 3 que disminuyeron en 21.43%, 36.69% y 30.69% respectivamente. por otro lado, al analizar el límite plástico se obtuvieron reducciones en las muestras M-2 y M-3 de 35.68% y 27.14% respectivamente, mientras que las muestra M-1 obtuvo un incremento de 27.13%, por otro lado, el índice de plasticidad obtenidos de las muestras M-1, M-2 y M-3 fueron de 50.72%, 39.25% y 32.27 %. Llegando a la conclusión que la incorporación de polímeros mejora las propiedades de los suelos arcillosos.

Realizando los ensayos de Proctor modificado se obtuvo una densidad máxima seca del terreno natural de 1.81 tn/m<sup>3</sup> este valor se mejoró con la adición de la enzima orgánica en 0.3 tn/m<sup>3</sup> además se logró la reducción del contenido de humedad, al obtener un valor de 14.22% y lograr reducir ese en 2.52%. cabe mencionar que con respecto a los ensayos de CBR se puede apreciar una reducción tanto en expansión como en absorción de en 4.7% y 2.7% respectivamente, así mismo el CBR al 95% y 100% que se realizó al terreno natural

obtuvimos valores de 15.70% y 8.70% los cuales obtuvieron mejoras de 9.10% y 8.70% respectivamente con la incorporación de la enzima orgánica.

Estos resultados obtenidos de laboratorio tienen similitud con los obtenidos por (Chinchay Diaz, 2018), que en su investigación se obtuvo un valor de contenido óptimo de humedad del 3.45%, esta humedad se utilizó para las tres pruebas de (12, 25 y 56 golpes) del ensayo C.B.R., donde se logró obtener la siguiente dosificación: 200.63 cm<sup>3</sup> de agua y 6.37 cm<sup>3</sup> de aditivo, el mismo procedimiento se utilizó para las demás combinaciones. se realizó el ensayo de CBR se concluyó que existe un aumento del CBR (al 95% de la máxima densidad seca para 0.1" de penetración) favorable en la calicata 01, calicata 02, calicata 03 y calicata 04, en un 27.91%, 30.23%, 19.55% y 28.23% respectivamente.

Bajo lo anterior detallado se acepta la teoría de la hipótesis general ya que se pudo obtener mejoras significativas en estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021. Lo cual nos encamina correctamente ya que las pruebas que se han expuesto han logrado comprobar su buen comportamiento con respecto a la mejorar la calidad de la subrasante. Cabe mencionar que, las dosificaciones se basaron en las expuestas por los autores descritos en el marco teórico, esta subrasante mejorada cumplirá su función de manera eficiente aumentando la resistencia mecánica y durabilidad de estas propiedades en el tiempo. la hipótesis mantiene relación con el objetivo general de obtener mejoras significativas en estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021.

**Hipótesis específica 1: se mejorará las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021**

De conformidad a la primera hipótesis específica, en nuestro estudio se puede apreciar como el límite líquido de 22.5% obtenido de la muestra del terreno natural, mejora al adicionar la enzima orgánica en proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y

0.07lt/m<sup>3</sup> se obteniendo la disminución del límite líquido en 20.6%, 19.3% y 18.7% respectivamente, al analizar el límite plástico del terreno natural 14.5% obtenemos mejoras en la disminución del límite plástico en 14.0%, 13.5% y 13.0% respectivamente, con respecto al índice de plasticidad del terreno natural se obtuvo 8.0%, al adicionar la enzima orgánica notamos la reducción de esta en 6.6%, 5.9% y 4.7% respectivamente.

De manera coincidente a nuestros hallazgos (Yucra Callata & Camala Jilapa, 2017), quien señala que se logró mejorar sus propiedades físicas con la incorporación de permazyme 30x, disminuye el índice de plasticidad de las canteras yanahoco y punta en 8.13%, 8.99%, 11.14% y 2.69%, 2.85%, 3.83%. por otro lado, al adicionar cloruro de sodio tenemos observamos que el índice de plasticidad de las canteras yanahoco y punta disminuyó en 1.75%, 5.70%, 7.00% y 5.37%, 6.03%, 34.60%. por lo que podemos afirmar que la utilización de estos aditivos influye de manera positiva en la mejora de las propiedades físicas.

Por otro lado, los resultados correspondientes al Proctor según los ensayos de laboratorio se pueden observar que se obtuvo una densidad seca de 1.81tn/m<sup>3</sup> de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> se obtuvo mejoras en el incremento de la densidad seca en 2.01tn/m<sup>3</sup>, 2.09tn/m<sup>3</sup> y 2.11tn/m<sup>3</sup> respectivamente. Además, se obtuvo una humedad natural de 14.22% de la muestra del terreno natural, al adicionar la enzima orgánica en unas proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> se obtuvo mejoras en la reducción de la densidad seca en 12.38%, 12.17% y 11.7% respectivamente.

De manera coincidente a nuestros hallazgos, (Efus Uriarte, 2020) en su trabajo de investigación se pudo apreciar que respecto a los ensayos de laboratorio de Proctor modificado del terreno natural que se obtuvo una densidad seca de 2.0gr/cm<sup>3</sup> y humedad óptima de 6.5%, al incorporar el aceite sulfonado en concentraciones de 0.04lt/m<sup>3</sup>, 0.07lt/m<sup>3</sup>, 0.09lt/m<sup>3</sup>, obtuvimos mejoras en la densidad seca máxima de 2.014gr/cm<sup>3</sup>, 2.007gr/cm<sup>3</sup>, 2.018 gr/cm<sup>3</sup> y humedad óptima de 6.8%, 7.2%, 7.0% respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior expuesto se acepta la hipótesis específica 1 que establece qué se tubo mejoras físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021. Esta hipótesis tiene una razón correcta, según los ensayos anteriores, encontrando mejoras consistentes en la estabilidad del suelo como son los casos de los LP, LL Y IP, adicionalmente en los ensayos de Proctor que se demostró mejoras en la resistencia potencial que nos brinda este. Debido a los objetivos planteados, se confirmó la hipótesis que establece qué se tubo mejoras físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021.

**Como segunda hipótesis específica: sostengo que: al incorporar la enzima orgánica en la concentración del 0.07lt/m<sup>3</sup> esta mejora la capacidad portante en mayor medida respecto a la concentración del 0.03lt/m<sup>3</sup> y 0.05lt/m<sup>3</sup> en el Jr. Justa Palma – talavera - Andahuaylas– 2021**

De conformidad a la segunda hipótesis específica, puesto a que al realizar los ensayos de CBR al 95% en el terreno natural se obtuvo un valor CBR de 15.7%, al adicionar la enzima orgánica en proporción de 0.03lt/m<sup>3</sup> se obtuvo un valor de CBR de 20.8% eso representaría una mejora de 5.1% con respecto al terreno natural, posteriormente se adiciono la enzima orgánica en una proporción de 0.05lt/m<sup>3</sup> la cual mostro un valor de CBR de 23.7% que al comparar con el resultado del CBR del terreno natural nos daría una mejora de 8.0%, para finalmente se incorpora la enzima orgánica con una concentración de 0.07lt/m<sup>3</sup> al terreno natural esto ocasionó un incremento del CBR de 24.8% que al comprar con el CBR del terreno natural obtuvimos una mejora de 9.10%. así mismo los resultados del CBR al 100% en el terreno natural se obtuvo un valor CBR de 19.3%, al adicionar la enzima orgánica en proporción de 0.03lt/m<sup>3</sup> se obtuvo un valor de CBR de 26.2% eso representaría una mejora de 6.9% con respecto al terreno natural, posteriormente se adiciono la enzima orgánica en una proporción de 0.05lt/m<sup>3</sup> la cual mostro un valor de CBR de 26.9% que al comparar con el resultado del CBR del terreno natural nos daría una mejora de 7.6%, para finalmente se incorpora la enzima orgánica con una concentración de 0.07lt/m<sup>3</sup> al terreno natural esto ocasionó un

incremento del CBR de 28.00% que al comprar con el CBR del terreno natural obtuvimos una mejora de 8.7%.

De manera coincidente a nuestros hallazgos (Flores Castañeda, 2020) quien en su investigación se evaluó el terreno natural de la subrasante para así evaluar las mejoras al incorporar Maxxseal 200, se utilizó concentraciones de 3%, 6% y 9%. Según los ensayos de laboratorio le CBR obtuvo mejoras al subir de 10.70%, que se logró un incremento significativo al incorporar el aditivo en 41.30%, 37.10%, 48.60%.

De manera coincidente a nuestros hallazgos (Efus Uriarte, 2020) en su trabajo de investigación nos indica que la que al añadir aceite sulfonado en diversas proporciones aumenta el CRB con respecto al obtenido la muestra inicial que es de 17.0%, los resultados con adición de aceite sulfonado en proporciones de 0.04lt/m<sup>3</sup>, 0.07lt/m<sup>3</sup> y 0.09lt/m<sup>3</sup> obtuvieron mejoras de 49.60%, 55.90% y 60.30% respectivamente.

Se da conformidad a la hipótesis específica 2, que indica al incorporar la enzima orgánica en la concentración del 0.07lt/m<sup>3</sup> esta mejora la capacidad portante en mayor medida respecto a la concentración del 0.03lt/m<sup>3</sup> y 0.05lt/m<sup>3</sup> en el Jr. Justa Palma – talavera - Andahuaylas– 2021. en nuestro estudio hallamos que la variación del porcentaje de CBR es directamente proporcional con la cantidad de aditivo (enzima orgánica). se tomó 3 distintas dosificaciones de 0,03 lt/m<sup>3</sup> 0,05 lt/m<sup>3</sup> y 0,07 lt/m<sup>3</sup> obteniendo mejoras de 26.2%, 26.9% y 28.00% respectivamente, observándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que aumenta la concentración de enzima orgánica. Tenemos que la hipótesis mantiene coherencia con el objetivo específico 1 que plantea indica al incorporar la enzima orgánica en la concentración del 0.07lt/m<sup>3</sup> esta mejora la capacidad portante en mayor medida respecto a la concentración del 0.03lt/m<sup>3</sup> y 0.05lt/m<sup>3</sup> en el Jr. Justa Palma – talavera - Andahuaylas– 2021

Conclusión de la validación de las hipótesis

Habiendo validado las hipótesis específicas y los resultados se los objetivos específicos se valida la hipótesis general

## VI CONCLUSIONES

### **Objetivo principal: establecer en qué medida se mejora la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021**

De los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio que se realizaron al suelo natural se pudo determinar que la enzima orgánica tiene un efecto significativo en la estabilización del sustrato, ya que este aumenta la resistencia al agua y al cambio de humedad, además de las propiedades mecánicas mejorando la calidad del sustrato, de manera que es significativa. se obtuvieron mejoras en los límites de atterberg con la adición de la enzima orgánica como es el caso del límite líquido en que se obtuvo mejoras en la reducción de esta en 3.8% así mismo el límite plástico del se redujo el porcentaje en 1.5% y por último se notó la reducción en el índice de plasticidad en 3.3%. adicionalmente en los ensayos de Proctor modificado se obtuvo una mejora de la densidad máxima seca que mejoró con la adición de la enzima orgánica en 0.3 tn/m<sup>3</sup> además se logró la reducción del contenido de humedad en 2.52%. Con respecto a los ensayos de CBR se puede apreciar una reducción tanto en expansión como en absorción de en 4.7% y 2.7% respectivamente, así mismo el CBR al 95% y 100% obtuvieron mejoras de 9.10% y 8.70% respectivamente con la adición de la enzima orgánica.

### **Objetivo específico 1: determinar las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021**

De los resultados tenemos que el aporte en la mejora de las propiedades físicas mecánicas con la adición de la enzima orgánica es significativo. Los resultados de límites límite líquido de 22.5% contenido de la muestra del terreno natural, que al incorporar la enzima orgánica en proporciones de 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup>, se reduce en 20.6%,19.3% y 18.7% respectivamente, de igual manera se obtuvo un límite plástico del terreno natural 14.5% el cual obtuvo mejoras en la disminución del límite plástico en 14.0%, 13.5% y 13.0% respectivamente, con respecto al índice de plasticidad del terreno natural se obtuvo 8.0%, al adicionar la enzima orgánica notamos la reducción de esta en 6.6%,5.9% y 4.7% respectivamente. De los

resultados obtenidos de laboratorio con respecto al Proctor modificado podemos concluir que la adición de la enzima orgánica logra mejorar las propiedades ya que esta logra optimizar la cantidad requerida de agua para así lograr conseguir la máxima densidad seca, esto es notorio en los resultados de densidad seca suelo natural ya que con el suelo tratado la enzima orgánica tiende a aumentar. A medida que aumenta la cantidad de enzima orgánica significa que se necesita menos agua para lograr una mejor compactación del suelo. por lo tanto, según las pruebas el uso de la dosis más alta de enzima organica puede lograr mejores resultados.

**Objetivo específico 2: determinar el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 0.03lt/m<sup>3</sup>, 0.05lt/m<sup>3</sup> y 0.07lt/m<sup>3</sup> de enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos - Jr. Justa Palma - talavera - Andahuaylas – 2021**

Según los resultados de los ensayos de CBR revelaron que el suelo natural tiene un CBR de 19.3% el cual según el manual de carreteras lo clasifica como una subrasante buena, sin embargo, este valor es superado con la adición de enzima orgánica, con una proporción de 0.03lt/m<sup>3</sup> el valor del CBR fue de 26.2% eso representaría una mejora de 6.9% ,con la adición de la enzima orgánica en proporción de 0.05lt/m<sup>3</sup> el valor del CBR fue de 26.9% eso representaría una mejora de 7.6% y finalmente adicionando en proporción de 0.07lt/m<sup>3</sup> de enzima orgánica el CBR fue de 28.00% representando así una mejora 8.7%. se puede concluir que la enzima orgánica ayuda positivamente al suelo de la subrasante puesto a que este aumenta la capacidad de soporte del mismo pudiendo ser considerado como una subrasante excelente, podemos concluir que la mejor es directamente proporcional a la cantidad de aditivo.

## VII RECOMENDACIONES

De la conclusión 1 se recomienda realizar más investigaciones utilizando diferentes agentes estabilizadores para así analizar el comportamiento en otros tipos de suelo. En proporciones similares y en dosificaciones superiores presentadas en la presente investigación, con el fin de estudiar sus respectivas concentraciones óptimas y determinar el agente más adecuado para un suelo determinado.

De la conclusión 2 se recomienda la incorporación del agente estabilizador como es la enzima orgánica en las proporciones de (0.03 lt/m<sup>3</sup>, 0.05 lt/m<sup>3</sup>, 0.07 lt/m<sup>3</sup>) ya que presentaron mejoras considerables en las propiedades del terreno tratado con la enzima orgánica respecto a las obtenidas del terreno natural, se pudo observó que a mientras se fue aumento la proporción de aditivo mostro mejores resultados.

De la conclusión 3 se recomienda para la estabilización de suelos arcillosos una dosificación de enzima orgánica (0.07 lt/m<sup>3</sup>) puesto a que este mostro mejor resultado en los ensayos de laboratorio con respecto al terreno natural sin aditivo.

## REFERENCIAS

- Aboukhadra, A. (2017). *Experimental evaluation of strength characteristics of different Egyptian soils using enzymatic stabilizers*. artículo de investigación. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2018.1517577>
- Aliaga, F., & Soriano, C. (2019). *Análisis comparativo de estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica en bases granulares*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Ayala Avellan, G. G. (2017). *Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros. Samborondón*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón.
- Bekkouche, s., & Boukhatem, G. (2016). *Experimental characterization of clay soils behavior stabilized by polymers*. Journal of Fundamental and Applied Sciences.
- Camacho Tauta, J., Reyes Ortiz, O., & Mayorga Antolinez, C. (2010). *Efecto de la radiación UV en arcillas expansivas tratadas con aceite sulfonado*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Cañar Tiviano, E. S. (2017). *Análisis Comparativo De La Resistencia Al Corte Y Estabilización De Suelos Arenosos Finos Y Arcilloso Combinadas Con Ceniza De Carbón*. Ambato - Ecuador.
- Castro Cuadra, A. F. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Chavez, C. B., & Ocolo, Z. M. (2018). *Envejecimiento de arcillas y evaluación de las propiedades físicas y químicas para su aplicación a procesos industriales*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Chavez Arbayza, D. M., & Odar Yabar, G. (2019). *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.
- Chinchay Diaz, L. (2018). *Influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable tramo La Serma - Tambillo, Jaén, Cajamarca. Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Congreso De La Republica. (2018, julio 5). Ley N° 30806. *El peruano*.
- Crespo, V. (2004). *Mecánica De Suelos Y Cimentaciones*. NORIEGA EDITORES.
- Efuz Uriarte, C. A. (2020). *Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado y permazyme en la carretera no pavimentada Chacco – Muruncancho, Distrito de Quinua Provincia de Huamanga - Ayacucho – 2020*. Universidad Cesar Vallejo.
- Eujine, G. (2017). *Influence of enzymatic lime on clay mineral behavior*. Arabian .
- Flores Castañeda, L. B. (2020). *Evaluación y mejoramiento con Maxxseal 200 de la subrasante en la Av. María Parado de Bellido, Paita, 2020*. Universidad Cesar Vallejo, Paita.

- Ganapathy. (2018). *Bio-enzymatic stabilization of a soil having poor engineering* .
- Gomez Avili, A. J., & Silva Navarro, E. E. (2020). *Influencia Del Aceite Sulfonado Y Cemento Portland Tipo I En La Estabilización De La Vía Huaylillas – Buldibuyo En La Provincia De Pataz, 2020*. Universidad Privada Del Norte.
- Gongora, C. (2019). *Influencia de la cal y el cemento portland Tipo I en la subrasante de la*. Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- Guaman Iler, I. I. (2016). *"Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)"*. ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Gutierrez Montes, C. A. (2010). *"Estabilizacion Quimica De Carreteras No Pavimnetadas En El Peru Y Ventajas Comparativas Del Cloruro De Magnesio(Bischofita) Frente Al Cloruro De Calcio"*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Hanif Khan, F. (2016). *Analysis of the influence of waste polymer on soil subgrade*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), india.
- Hidalgo Benavidez, D. I., & Vinicio Fabian, A. L. (2016). *Análisis cómparativo de los procesos de estabilización de suelo con Enzimas Orgánicas y Suelo Cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2016). *Ingeniería de pavimentos: Variables de diseño*. lima.
- Little, D. (2000). *Evaluation Of Structural Properties Of Lime Stabilized Soils And Aggregates*. Prepared For The National Lime Association.
- Llamoga, V. L. (2017). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Lomparte Cabanillas, J. A., & Sanchez Neglia, D. A. (2019). *Estabilización De La Superficie De Rodadura Mediante El Uso De Polímero En Emulsión Vinilo Acrílico En La Carretera No Pavimentada Al Centro Poblado Tangay - Nuevo Chimbote - Santa*. universidad nacional del santa, nuevo chimbote.
- Mariani, G., & Arns, P. (2016). *Análisis de la estabilización de un suelo arcilloso con el uso del aditivo con-aid® cbr-plus®*. Universidad del Extremo Sur de Santa Catarina, Brasil.
- MCTRON tecnologioes. (2021). *MCTRON tecnologioes*. Retrieved from [http://mctron.com/wp-content/uploads/2017/12/TDS-MaxxSeal\\_200.pdf](http://mctron.com/wp-content/uploads/2017/12/TDS-MaxxSeal_200.pdf)
- Mendez Acurio, J. R. (2009). *Ingeniería de Pavimentos. Materiales, Diseño y Conservación*. lima: Departamento de Imprenta de ICG.

- Mendez Golzales, J. M. (2018). *Análisis de un producto a base de polímeros como estabilizador químico de suelos para la construcción de caminos no pavimentados*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Mendoza Quispe, C. (2016). *Propuesta de utilización de emulsión asfáltica modificada en el mantenimiento de la carretera: Lucma – 09 de Octubre, para mejorar la transitabilidad vehicular en el distrito de Lucma, provincia Gran Chimú*. Universidad Privada de Trujillo, la libertad.
- ministerio de transporte y comunicacion. (2016). *ferrocarriles, Direccion General de caminos y ferrocarriles .Manual de ensayos de materiales*. MTC E 132.
- MTC. (2013). *Manual de suelos, Geología y Pavimentos*.
- MTC. (2016). *manual de ensayo de suelos*. ministerio de transporte y comunicacion.
- Orlandi, S. (2019). *Use of Lignin as Stabilizer in Expansive Soils*. XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVI PCSMGE), Amsterdam.
- Pavement Interactive. (2020). *Pavement Interactive*. Retrieved from <https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/subgrade/>
- Pique, T., Manzanal, D., Fernandez, G., Casagrande, C., & Codevilla, M. (2019). *Polymer Enhanced Clay-Sand Mixture*. XVI Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (XVI PCSMGE).
- Ramos, G. (2014). *"Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclables en carreteras"*. Universidad del Centro de Perú, Huancavelica.
- Renjith, R., Dilan, R., Sujeaava, S., Andrew, F., Brian , O., & Robert, N. (2017). *Estabilización del suelo basada en enzimas para la construcción de carreteras sin pavimentar*. La6ª Conferencia Internacional del Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF 2017). Retrieved from [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/52/mateconf\\_eacef2017\\_01002/mateconf\\_eacef2017\\_01002.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/52/mateconf_eacef2017_01002/mateconf_eacef2017_01002.html)
- Renjith, R., Robert, D., Fuller, A., Setunge, S., O'Donnell, B., & Nucifora, R. (2017). *Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction*. MATEC Web of Conferences 138, 01002. Retrieved from [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/52/mateconf\\_eacef2017\\_01002.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/52/mateconf_eacef2017_01002.pdf)
- RoutesToFinance. (2021). *RoutesToFinance*. Retrieved from <https://esp.routestofinance.com/subbase-or-subgrade-improving-soil-conditions>
- Sowers, G. (1972). *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones*. Limusa- Wiley (S.A).
- Taher, Z. (2017). *effectiveness of polymer for mitigation of expansive soils*. Colorado State University, Colorado.

- Terrones, C. A. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, trujillo - 2018*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Trujillo.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1973). *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica. 2da edición*. Barcelona: El Ateneo S.A.
- Ulate Castillo, A. (2017). Estabilización De Suelos Y Materiales Granulares En Caminos De Bajo Volumen De Tránsito, Empleando Productos No Tradicionales. *Boletín Técnico*. Universidad de Costa Rica.
- Velásquez Curo, M. A., & Velásquez Curo, M. A. (2016). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE RASTROJO DE MAÍZ ELABORADO CON AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE CUNYAC Y VICHO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN DE CALIDAD  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup>*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- VERVICTECH. (2020). *Manual Técnico De Perma-Zyme*. Internacional Enzimes.
- Wiliam segundo, A. N. (2014). *Ecuaciones de correlación de CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura*. Universidad de Piura, piura.
- Yucra Callata, A., & Camala Jilapa, E. I. (2017). *Análisis Del Uso De Aditivos Perma-Zyme Y Cloruro Cálcico En La Estabilización De La Base De La Carretera No Pavimentada (Desvío Huancané – Chupa)-Puno*. Universidad Nacional Del Altiplano.

## **Anexos**

### Anexo 1.1. Matriz de Consistencia

INCORPORACIÓN DE ENZIMA ORGÁNICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO - JR. JUSTA PALMA – TALAVERA – ANDAHUAYLAS – 2021				
Pregunta	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño Metodológico
<p><b><u>problema general:</u></b></p> <p><b>PG.-</b> ¿en qué medida, se mejora la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021?</p> <p><b><u>Problemas específicos</u></b></p> <p><b>PE1.-</b> ¿en qué medida, se mejora las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, al incorporar enzima orgánica para pavimentos rígidos en el</p>	<p><b><u>OBJETIVO GENERAL:</u></b></p> <p><b>OG.</b> Determinar en qué medida se mejora la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021</p> <p><b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></b></p> <p><b>OE1.-</b> determinar las propiedades físicas mecánicas de la subrasante</p>	<p><b><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></b></p> <p><b>HG.</b> Se mejorará significativamente la estabilización de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021</p> <p><b><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></b></p> <p><b>HE1.-</b> se mejorará las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos</p>	<p><b>V1:</b> incorporación de enzima orgánica</p> <p><b>V2:</b> Estabilización de la subrasante</p>	<p><b>6. Tipo de Investigación:</b> aplicada</p> <p><b>2.Diseño de Investigación:</b> Cuantitativo – experimental</p> <p><b>3. Ámbito de Estudio:</b> Las ventajas de utilizar el aditivo enzimático</p> <p><b>4. Población:</b> Subrasante del Jr. Justa palma – Talavera – Andahuaylas – 2021</p> <p><b>5. Muestra:</b></p>

<p>Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021?</p> <p><b>PE2.-</b> ¿en qué medida, se logrará el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones de 0.03lt/m3, 0.05lt/m3 y 0.07lt/m3 de aditivo enzimático en la construcción de pavimento rígido – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021?</p>	<p>al incorporar enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021</p> <p><b>OE2.-</b> determinar el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 0.03lt/m3, 0.05lt/m3 y 0.07lt/m3 de enzima orgánica en la construcción de pavimentos rígidos – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021</p>	<p>rígidos – Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas – 2021</p> <p><b>HE2.-</b> al incorporar la enzima orgánica en la concentración del 0.07lt/m3 esta mejora la capacidad portante en mayor medida respecto a la concentración del 0.03lt/m3 y 0.05lt/m3 en el Jr. Justa Palma – talavera – Andahuaylas– 2021</p>		<p>La muestra de la investigación la conforma por 03(corregir) calicatas ubicadas en la av. Hualalachi Distrito de talavera Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac</p> <p><b>6. Técnica:</b> observación de campo y ensayos de laboratorio,</p> <p><b>7. Instrumento:</b> Hojas de cálculo estandarizadas de acuerdo al manual de ensayos del MTC, fichas técnicas de observación y control de laboratorio.</p>
---	--	--	--	--

**Anexo N° 1.1. Matriz de Operacionalización de Variables**

INCORPORACIÓN DE ENZIMA ORGÁNICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO - JR. JUSTA PALMA – TALAVERA – ANDAHUAYLAS – 2021					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
incorporación de enzima orgánica	La enzima orgánica es un producto químico, este producto es una mezcla de enzimas orgánicas que tiene una acción cementante o aglutinante de las partículas presentes en el suelo tratado, logrando con esto formar una capa con mayor capacidad de carga, prácticamente impermeable (VERVICTECH, 2020).	Para la utilización del aditivo enzimático se tendrá en consideración las dosificaciones que se encuentran basadas en antecedentes de la investigación y ficha técnica del proveedor, a fin de poder combinarse con la subrasante.	Componentes de la muestra orgánica  Dosificación de enzima orgánica (0.03lt/m3, 0.05lt/m3 y 0.07lt/m3)	Muestra con 0.03lt/m3 aditivo	lt/m3
				Muestra con 0.05lt/m3 aditivo	
				Muestra con 0.07lt/m3 aditivo	
Estabilización de subrasante	La estabilización del suelo consiste en mejorar sus propiedades físicas mediante procesos mecánicos incorporando productos naturales, químicos o sintéticos. En general, este tipo de procesos se suelen realizar en suelos con subsuelo pobre, resultando en el uso de cal, hormigón, asfalto, polímeros, entre otros, como estabilizantes (Flores Castañeda, 2020)	los ensayos de laboratorio a utilizar son: La clasificación AASHTO, límites líquido (MTC E 110), límite plástico (MTC E 111), índice de plasticidad (MTC E 111), Proctor modificado (MTC E 115 – 2000) y CBR (MTC E 132 - 2000). Estos ensayos nos permitirán, medir las propiedades físicas y mecánicas del terreno natural.	ensayos de laboratorio tamaño del agregado tipo de suelo (ASSHTO) permeabilidad del suelo densidad del suelo capacidad soporte del suelo	Análisis granulométrico	normas Técnicas, ensayos de laboratorio de suelos
				Humedad natural	
				Proctor modificado	
				CBR	

### Anexo 1.3. Ficha de Validación y ensayos de laboratorio firmados

FICHA DE VALIDACION						
TITULO DE LA TESIS:	INCORPORACION DE ENZIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021					
AUTOR:	Alarcon Caroenas, Elmer Josep					
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ISNTRUMENTOS	variables de juicio experto		
				INGENIERO N° 1	INGENIERO N° 2	INGENIERO N° 3
incorporación de enzima orgánica	Componentes de la muestra orgánica	Muestra con 0.03lt/m3 aditivo	HOJA DE CALCULO	0.81	0.83	0.85
	Dosificación de enzima orgánica (0.03lt/m3, 0.05lt/m3 y 0.07lt/m3)	Muestra con 0.05lt/m3 aditivo	HOJA DE CALCULO	0.81	0.84	0.86
		Muestra con 0.07lt/m3 aditivo	HOJA DE CALCULO	0.82	0.84	0.87
Estabilización de subrasante	tamaño del agregado	Análisis granulométrico	HOJA DE CALCULO	0.82	0.86	0.82
	tipo de suelo (ASSHTO)					
	permeabilidad del suelo	Humedad natural	HOJA DE CALCULO	0.85	0.84	0.82
	densidad del suelo	Proctor modificado	HOJA DE CALCULO	0.83	0.85	0.83
	capacidad soporte del suelo	CBR	HOJA DE CALCULO	0.84	0.86	0.84
INTERPRETACION DEL CALOR DE LA VALIDEZ (según hernandez,2011)			sumatoria	5.78	5.92	5.89
valor de validez obtenida	interpretación					
de 0 a 0.60	inaceptable		sumatoria/(en de instrumentos)	0.83	0.85	0.84
mayor a 0.60 y menor o igual a 0.70	deficiente					
mayor a 0.70 y menor o igual a 0.80	aceptable		promedio de validez obtenida= 0.84			
mayor a 0.80 y menor o igual a 0.90	buena					
mayor a 0.90	excelente					


  
 Ing. Elmer Yari Taipe Mesares
   
 INGENIERO CIVIL
   
 CIP. N° 224659
   
 INGENIERO 1


  
 Manno Muñoz Orocco
   
 INGENIERO CIVIL
   
 CIP. N° 265802
   
 INGENIERO 2


  
 Marco Antonio Orocco Huayana
   
 INGENIERO CIVIL
   
 CIP. N° 268314
   
 INGENIERO 3



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL

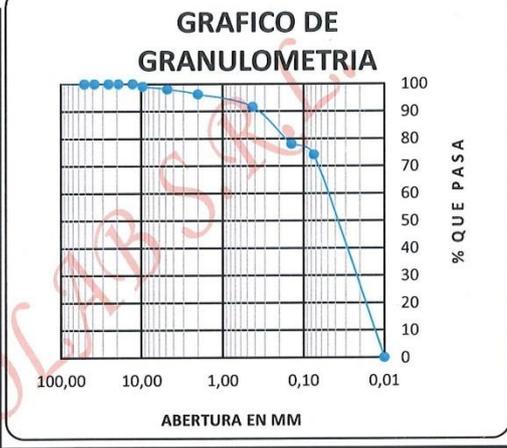
**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

TAMAÑO DE TAMIZES	PESO	%	%
(Pulg.)	(mm.)	(gr)	(%)
4"	101,60	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	16,00	99,05
Nº 4	4,76	17,00	98,04
Nº 10	2,00	31,00	96,20
Nº 40	0,43	78,00	91,56
Nº 100	0,14	229,00	77,96
Nº 200	0,07	65,00	74,09
CAZUELA		1.247	0,00
<b>TOTAL :</b>	<b>1.683,00</b>	<b>100</b>	



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MTC E 107- 2000**

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS		DATOS PARA CLASIFICACION	
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA Nº 200	GRAVA Y SUELO GRAVOSO, mas del 50% retenido malla Nº 4	GW	Gravas bien graduadas , mezclas de grava y arena con poco o nada de finos
		GP	Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena con poco o nada de finos
		GM	Gravas Limosas, mezclas de grava, arena y limo
		GC	Gravas Arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla
SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 50% PASA MALLA Nº 4	ARENA Y SUELO ARENOSO, mas del 50% pasa malla Nº 4	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos
		SM	Arenas Limosas, mezcla de arena y limo
		SC	Arenas Arcillosas, mezcla de arena y arcilla
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL<50)	ML	Limo Inorgánicos, polvo de roca, limo arenosos, o arcillosos ligeramente plásticos
		CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad, arcillas con grava, arcillas areno-limosas,
		OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas de baja plasticidad
		MH	Limos Inorgánicos, Limos micáceos, o diamonizados, Limos elásticos
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS (LL>50)	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad.
		OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad, Limos orgánicos de media plasticidad
Altamente Orgánico		PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos

PASA Nº 4	98,04
PASA Nº 10	96,20
PASA Nº 40	91,56
PASA Nº 200	74,09
RETIENE Nº 4	1,96
D10	0,010
D30	0,03
D60	0,06
Cu	6,00
Cc	1,500
LL	22,5%
LP	14,5%
IP	8,0%
<b>CLASIFICACION</b>	
ASSTHO	A-4
SUCS	CL

INGEOLAB S.R.L.  
**Ing. Guido Porfirio Quispepuma**  
CIP 7850-18  
GERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI

DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	24,16	19,92	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	69,36	68,20	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	63,92	62,04	
Peso del Agua gr.	5,44	6,16	
Peso de Suelo Seca gr.	39,76	42,12	
Porcentaje de Humedad %	13,68	14,62	14,15

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 14,15



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Faján Quispitupa  
 N° 78016  
 DIRECTOR GENERAL



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTA PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

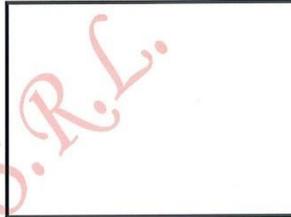
**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**LIMITE LIQUIDO**

Muestra N°	4	3	2	1
Peso de la capsula	19,92	20,96	22,72	19,68
Peso capsula. + suelo humedo	33,10	35,50	37,40	34,44
Peso capsula + suelo seco	33,34	34,24	34,10	29,24
Numero de golpes	45	31	22	14
Peso suelo seco	13,42	13,28	11,38	9,56
Peso agua	-0,24	1,26	3,30	5,20
% humedad	-1,8	9,5	29,0	54,4

**OBSERVACIONES:**

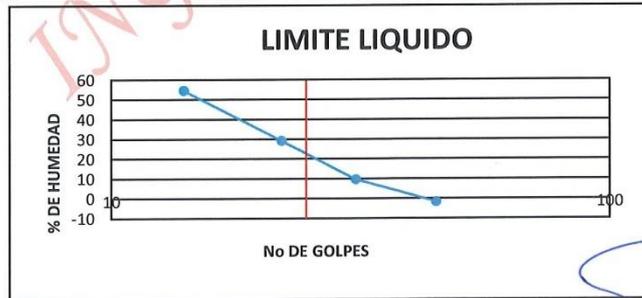


**LIMITE PLASTICO**

Muestra	1	2	3
Peso de la capsula	23,52	22,58	22,38
Peso capsula. + suelo humedo	33,66	33,00	31,94
Peso capsula + suelo seco	32,52	31,74	30,54
Peso suelo seco	9,00	9,16	8,16
Peso agua	1,14	1,26	1,40
% humedad	12,7	13,8	17,2

**RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO	22,5
LIMITE PLASTICO	14,5
INDICE PLASTICO	8,0



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Pajten Quespitupa  
 N° 78016  
 GERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO

#### MTC E 115 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:**

TERRENO NATURAL

**PROF. :**

1,50 m

**UBICACIÓN:**

JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:**

ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :**

29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Peso del Molde (gr) :	2.910,00	Golpes por capa:	56,00
Diametro del molde (Cm) :	15,20	Altura (Cm) :	11,60
		Volumen (c.c.) :	2105

MOLDE No	1	2	3	4	5
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6507,00	6855,00	7195,00	7317,00	7189,00
Peso del Molde (gr)	2847,00	2847,00	2847,00	2847,00	2847,00
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3660,00	4008,00	4348,00	4470,00	4342,00
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105
Densidad Humeda (Tn/m <sup>3</sup> )	1,74	1,90	2,07	2,12	2,06

CAPSULA No	1	2	3	4	5					
Peso de la Capsula (gr)	23,56	23,30	23,74	23,44	23,54	23,10	23,14	22,84	21,94	
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	54,08	58,44	67,20	77,50	60,94	67,20	67,06	55,32	69,20	63,62
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	51,64	55,60	62,72	71,90	56,42	61,60	60,72	50,82	61,40	56,62
Peso Suelo Humedo (gr)	2,44	2,84	4,48	5,60	4,52	5,60	6,34	4,50	7,80	7,00
Peso Suelo Seco (gr)	28,08	32,30	38,98	48,46	32,88	38,10	37,62	27,68	38,56	34,68
Contenido de Humedad (w)	8,69	8,79	11,49	11,56	13,75	14,70	16,85	16,26	20,23	20,18
Contenido de Humedad real	8,74	11,52	14,22	16,55	20,21					
Densidad Seca (Tn/m <sup>3</sup> )	1,60	1,71	1,81	1,82	1,72					

HUMEDAD OPTIMA (%) =	14,22
DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m <sup>3</sup> ) =	1,81



**Iny. Guillermo Farjún Quispilupa**  
 CIP. 78616  
 GEOTECNICO



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000

### TESIS:

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

MUESTRA: TERRENO NATURAL

PROF.: 1,50 m

UBICACIÓN: JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI

DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

SOLICITADO: ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

FECHA: 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

### DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/m3)	1,81	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	14,22%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural	14,15%	Número de Capas	5 capas

### DATOS DEL MOLDE (cm.)

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	11,70	11,70	11,70
Diámetro	15,20	15,20	15,20
Volumen	2123,10	2123,10	2123,10

### DATOS DE COMPACTACION

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.404	8.127	7.834
Peso del Molde (gr)	4.066	4.079	4.044
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.338	4.048	3.790
Densidad Humeda (gr/cm3)	2,04	1,91	1,79
Densidad Seca (gr/cm3)	1,79	1,67	1,56

### DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	21,54	21,98	23,74	23,96	23,68	24,34
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	56,00	60,50	59,28	63,64	59,24	54,60
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	51,62	55,74	54,94	58,52	54,62	50,80
Peso del Agua (gr)	4,38	4,76	4,34	5,12	4,62	3,80
Peso del Suelo Seco (gr)	30,08	33,76	31,20	34,56	30,94	26,46
Contenido de Humedad	14,6%	14,1%	13,9%	14,8%	14,9%	14,4%
Contenido de Humedad Promedio	14,3%					

### DATOS DE ABSORCION

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8.699	8.487	8.268
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.404	8.127	7.834
Absorción	6,80%	8,89%	11,45%

### ENSAYO DE EXPANSION

CTE. DIAL EXPANSION			MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
13/06/2021	16,00	00 horas	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%
14/06/2021	16,00	24 horas	359,00	0,359	7,79%	615,00	0,615	13,35%	477,00	0,477	10,36%
15/06/2021	16,00	48 horas	509,00	0,509	11,05%	627,00	0,627	13,61%	480,00	0,480	10,42%
16/06/2021	16,00	72 horas	616,00	0,616	13,37%	634,00	0,634	13,76%	485,00	0,485	10,53%
17/06/2021	16,00	96 horas	679,00	0,679	14,74%	644,00	0,644	13,98%	491,00	0,491	10,66%

### ENSAYO DE PENETRACION

CTE. ANILLO= 1.0115"DIV-0.1772			MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
TIEMPO	AREA PISTON 3,0 Pulg. Cuadradas		56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
0.5 min	0,64	0,025	247	250	83	112	114	38	79	79	26
1.0 min	1,27	0,050	337	341	114	214	216	72	112	114	38
1.5 min	1,91	0,075	461	466	155	337	341	114	202	204	68
2.0 min	2,54	0,100	573	580	193	438	443	148	281	284	95
4.0 min	5,08	0,200	933	944	315	776	784	261	562	568	189
6.0 min	7,62	0,300	1540	1557	519	922	932	311	719	727	242
8.0 min	10,16	0,400	1855	1876	625	1270	1285	428	1068	1080	360
10.0 min	12,70	0,500	1855	1876	625	1270	1285	428	1068	1080	360

INGEOLAB S.R.L.  
 Ing. Guido Parfán Quisipitupa  
 CIP: 78016  
 SERENIFE



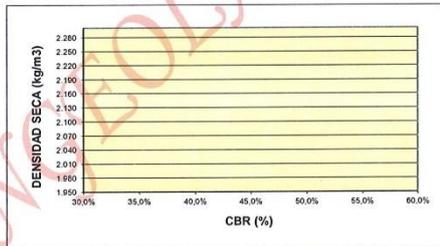
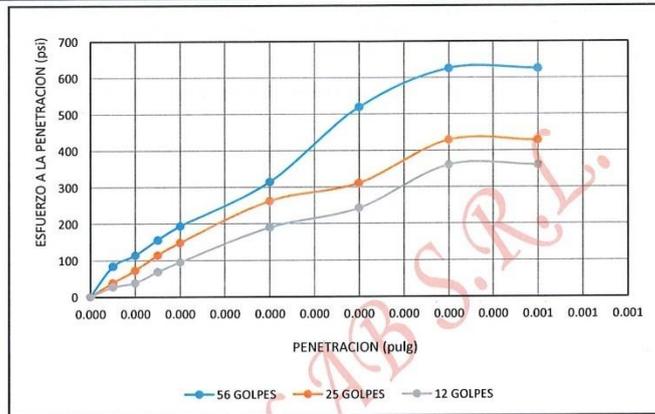
# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## GRAFICOS CBR

**TESIS:** "INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL  
**PROF. :** 1,50 m  
**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.  
**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS  
**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021



### RESULTADOS

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m3) =	<b>1,81</b>	CBR AL 95% DE MDS =	<b>15,7%</b>
HUMEDAD OPTIMA (%) =	<b>14,22%</b>	CBR AL 100% DE MDS =	<b>19,3%</b>

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLFES	14,74%	6,80%
25 GOLFES	13,98%	8,89%
12 GOLFES	10,66%	11,45%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:  
 CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0,92  
 OBSERVACION: **CONFORME**

V°B°

LABORATORISTA:

INGEOLAB S.R.L.  
 Ing. Guido Faján Quispitupa  
 CIP 78016  
 GERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 1L/30m3

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI

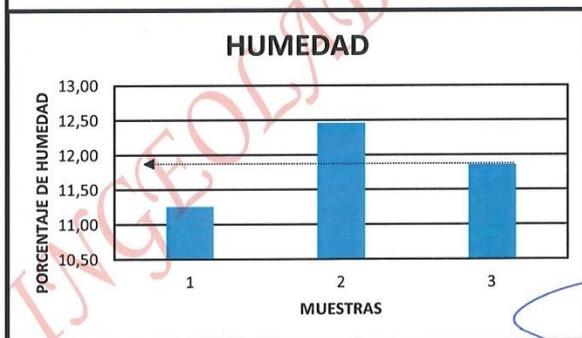
DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

N° MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	24,52	11,38	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	69,20	52,72	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	64,68	48,14	
Peso del Agua gr.	4,52	4,58	
Peso de Suelo Seca gr.	40,16	36,76	
Porcentaje de Humedad %	11,25	12,46	11,86

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 11,86



INGEOLAB S.R.L.  
 Ing. Guido Farfán Quispitupa  
 CIP 78016  
 SERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 1L/30m3

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTA PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**LIMITE LIQUIDO**

Muestra N°	4	3	2	1
Peso de la capsula	22,78	22,84	23,32	23,68
Peso capsula. + suelo humedo	38,92	44,88	44,80	46,92
Peso capsula + suelo seco	36,90	41,46	40,98	41,80
Numero de golpes	44	36	20	15
Peso suelo seco	14,12	18,62	17,66	18,12
Peso agua	2,02	3,42	3,82	5,12
% humedad	14,3	18,4	21,6	28,3

**OBSERVACIONES:**

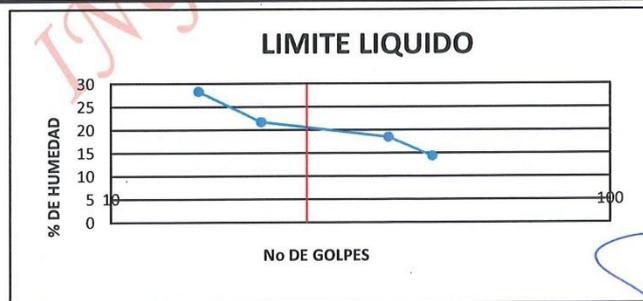


**LIMITE PLASTICO**

Muestra	1	2	3
Peso de la capsula	23,56	23,30	23,76
Peso capsula. + suelo humedo	34,92	34,12	34,90
Peso capsula + suelo seco	33,35	33,25	33,26
Peso suelo seco	9,79	9,95	9,50
Peso agua	1,57	0,87	1,64
% humedad	16,0	8,7	17,3

**RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO	20,6
LIMITE PLASTICO	14,0
INDICE PLASTICO	6,6



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guano Parján Quispilupa  
 CIE 78016  
 GERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO

#### MTC E 115 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:**

TERRENO NATURAL + ADITIVO 1L/30m3

**PROF. :**

1,50 m

**UBICACIÓN:**

JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

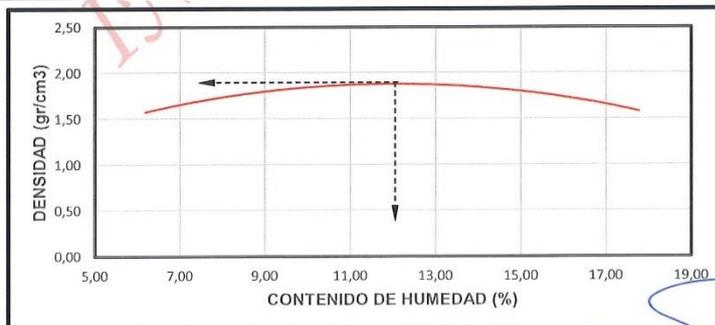
**SOLICITADO:**

ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :**

29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Peso del Molde (gr.) :	2.910,00	Golpes por capa:	56,00						
Diametro del molde (Cm) :	15,20	Altura (Cm) :	11,60	Volumen (c.c.) :	2105				
<b>MOLDE No</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>				
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6524,00	6563,00	7598,00	6934,00	6584,00				
Peso del Molde (gr)	2847,00	2847,00	2847,00	2847,00	2847,00				
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3677,00	3716,00	4751,00	4087,00	3737,00				
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105				
Densidad Humeda (Tn/m <sup>3</sup> )	1,75	1,77	2,26	1,94	1,78				
<b>CAPSULA No</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>				
Peso de la Capsula (gr)	24,52	11,38	23,34	23,00	22,88	22,58	22,70	23,92	22,84
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	69,20	52,72	66,46	61,78	68,72	60,10	57,08	57,84	56,48
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	66,78	50,14	62,68	58,70	63,56	56,06	51,94	52,82	51,69
Peso Suelo Humedo (gr)	2,42	2,58	3,78	3,08	5,16	4,04	5,14	5,02	4,79
Peso Suelo Seco (gr)	42,26	38,76	39,34	35,70	40,68	33,48	29,24	28,90	28,85
Contenido de Humedad (w)	5,73	6,66	9,61	8,63	12,68	12,07	17,58	17,37	16,60
Contenido de Humedad real	6,19	9,12	12,38	17,47	17,78				
Densidad Seca (Tn/m <sup>3</sup> )	1,65	1,62	2,01	1,65	1,51				
<p>HUMEDAD OPTIMA (%) = 12,38                  DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m<sup>3</sup>) = 2,01</p>									



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Parfón Quispitupa

CP. 76016

PERU



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 1L/30m3

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**DATOS GENERALES**

Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2,01	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	12,38%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural	11,86%	Número de Capas	5 capas

DATOS DEL MOLDE (cm.)	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	11,70	11,70	11,70
Diámetro	15,20	15,20	15,20
Volumen	2123,10	2123,10	2123,10

DATOS DE COMPACTACION	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.778	8.495	8.094
Peso del Molde (gr)	4.525	4.557	4.451
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.253	3.938	3.643
Densidad Humeda (gr/cm3)	2,00	1,85	1,72
Densidad Seca (gr/cm3)	1,78	1,66	1,53

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	24,20	23,88	22,00	23,90	22,74	19,36
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	61,44	70,92	67,42	73,60	70,16	81,04
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	57,22	65,68	62,58	68,26	64,88	74,38
Peso del Agua (gr)	4,22	5,24	4,84	5,34	5,28	6,66
Peso del Suelo Seco (gr)	33,02	41,80	40,58	44,36	42,14	55,02
Contenido de Humedad	12,8%	12,5%	11,9%	12,0%	12,5%	12,1%
Contenido de Humedad Promedio	12,7%		12,0%			12,3%

DATOS DE ABSORCION	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9.014	8.928	8.603
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.778	8.495	8.094
Porcentaje de Absorción	5,55%	11,00%	13,97%



ENSAYO DE EXPANSION			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
CTE. DIAL EXPANSION			0,001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
13/06/2021	16,00	00 horas	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%
14/06/2021	16,00	24 horas	519,00	0,519	11,27%	672,00	0,672	14,59%	692,00	0,692	15,02%
15/06/2021	16,00	48 horas	592,00	0,592	12,85%	692,00	0,692	15,02%	713,00	0,713	15,48%
16/06/2021	16,00	72 horas	602,00	0,602	13,07%	704,00	0,704	15,28%	729,00	0,729	15,83%
17/06/2021	16,00	96 horas	619,00	0,619	13,44%	711,00	0,711	15,44%	731,00	0,731	15,87%

ENSAYO DE PENETRACION				MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
CTE. ANILLO= 1.0115*DIV-0.1772				56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
AREA PISTON 3,0 Pulg. Cuadradas												
TIEMPO	PENETRACION			Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
	(mm)	(pulg)										
0.5 min	0,64	0,025		157	159	53	146	148	49	169	170	57
1.0 min	1,27	0,050		382	386	129	303	307	102	292	295	98
1.5 min	1,91	0,075		585	591	197	427	432	144	348	352	117
2.0 min	2,54	0,100		778	787	262	528	534	178	382	386	129
4.0 min	5,08	0,200		1371	1387	462	866	875	292	607	614	205
6.0 min	7,62	0,300		1675	1694	565	1000	1012	337	776	784	261
8.0 min	10,16	0,400		1900	1921	640	1124	1137	379	899	909	303
10.0 min	12,70	0,500		1900	1921	640	1124	1137	379	899	909	303



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## GRAFICOS CBR

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:**

TERRENO NATURAL + ADITIVO 1L/30m<sup>3</sup>

**PROF. :**

1,50 m

**UBICACIÓN:**

JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI

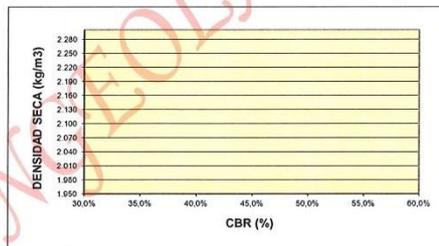
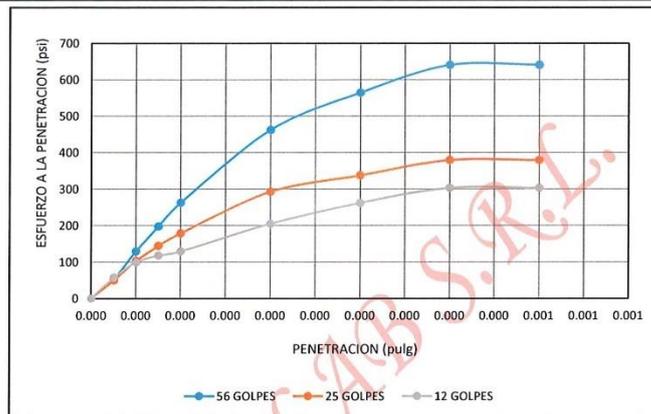
DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:**

ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :**

29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021



**RESULTADOS**

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> ) =	<b>2,01</b>	CBR AL 95% DE MDS =	<b>20,8%</b>
HUMEDAD OPTIMA (%) =	<b>12,38%</b>	CBR AL 100% DE MDS =	<b>26,2%</b>

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES	13,44%	5,55%
25 GOLPES	15,44%	11,00%
12 GOLPES	15,87%	13,97%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION: CBR (0.1") / CBR (0.2") =	0,85
OBSERVACION:	<b>CONFORME</b>

V°B°

LABORATORISTA:





## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 1,5L/30m<sup>3</sup>

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	24,50	11,36	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	65,10	55,48	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	60,66	50,56	
Peso del Agua gr.	4,44	4,92	
Peso de Suelo Seca gr.	36,16	39,20	
Porcentaje de Humedad %	12,28	12,55	12,41

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 12,41



INGEOLAB S.R.L.

Ing. Guido Berjón Quispitupa

CIP 78016  
 REPRESENTANTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 1,5L/30m3

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTA PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**LIMITE LIQUIDO**

Muestra N°	4	3	2	1
Peso de la capsula	23,88	22,00	23,86	24,20
Peso capsula. + suelo humedo	38,74	37,68	36,24	37,54
Peso capsula + suelo seco	37,04	35,38	34,16	34,64
Numero de golpes	46	30	23	17
Peso suelo seco	13,16	13,38	10,30	10,44
Peso agua	1,70	2,30	2,08	2,90
% humedad	12,9	17,2	20,2	27,8

**OBSERVACIONES:**

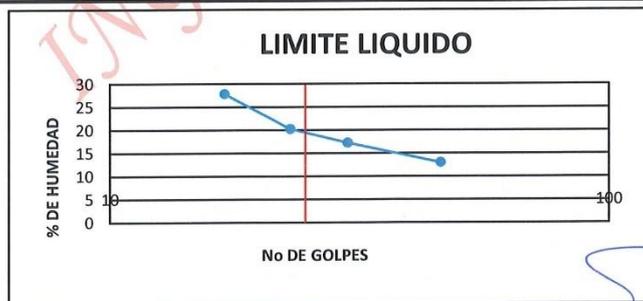


**LIMITE PLASTICO**

Muestra	1	2	3
Peso de la capsula	22,00	23,74	23,96
Peso capsula. + suelo humedo	34,76	35,82	36,44
Peso capsula + suelo seco	33,25	34,52	34,82
Peso suelo seco	11,25	10,78	10,86
Peso agua	1,51	1,30	1,62
% humedad	13,4	12,1	14,9

**RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO	19,3
LIMITE PLASTICO	13,5
INDICE PLASTICO	5,9





## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO

#### MTC E 115 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 1,5U/30m<sup>3</sup>

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Peso del Molde (gr.) :	2.910,00	Golpes por capa:	56,00						
Diametro del molde (Cm) :	15,20	Altura (Cm) :	11,60	Volumen (c.c.) :	2105				

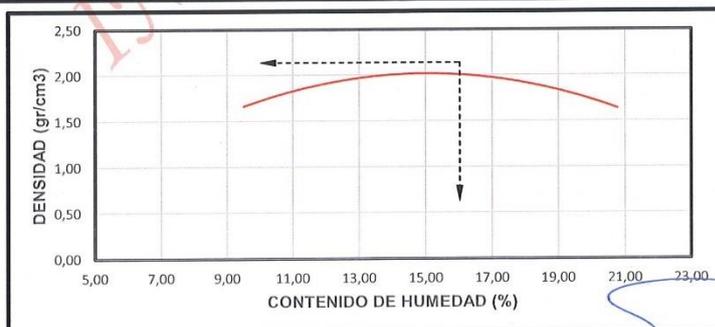
MOLDE No	1	2	3	4	5
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	6516,00	6947,00	7772,00	7270,00	7172,00
Peso del Molde (gr)	2847,00	2847,00	2847,00	2847,00	2847,00
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	3669,00	4100,00	4925,00	4423,00	4325,00
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105
Densidad Humeda (Tn/m <sup>3</sup> )	1,74	1,95	2,34	2,10	2,05

CAPSULA No	1	2	3	4	5					
Peso de la Capsula (gr)	24,50	11,36	23,40	23,08	22,80	22,56	22,70	23,92	23,14	22,40
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	65,10	55,48	67,06	84,00	78,20	79,14	76,90	72,90	82,02	80,76
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	61,66	51,56	62,96	78,06	72,16	73,03	68,60	65,62	71,82	70,79
Peso Suelo Humedo (gr)	3,44	3,92	4,10	5,94	6,04	6,11	8,30	7,28	10,20	9,97
Peso Suelo Seco (gr)	37,16	40,20	39,56	54,98	49,36	50,47	45,90	41,70	48,68	48,39
Contenido de Humedad (w)	9,26	9,75	10,36	10,80	12,24	12,11	18,08	17,46	20,95	20,60
Contenido de Humedad real	9,50	10,58	12,17	17,77	20,78					
Densidad Seca (Tn/m <sup>3</sup> )	1,59	1,76	2,09	1,78	1,70					

HUMEDAD OPTIMA (%) =	12,17
DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m <sup>3</sup> ) =	2,09





# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000

### TESIS:

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

MUESTRA: TERRENO NATURAL + ADITIVO 1,5L/30m<sup>3</sup>

PROF.: 1,50 m

UBICACIÓN: JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI

DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

SOLICITADO: ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

FECHA: 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

### DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m <sup>3</sup> )	2,09	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	12,17%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural	12,41%	Número de Capas	5 capas

### DATOS DEL MOLDE (cm.)

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	11,70	11,70	11,70
Diámetro	15,20	15,20	15,20
Volumen	2123,10	2123,10	2123,10

### DATOS DE COMPACTACION

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.369	8.087	7.676
Peso del Molde (gr)	3.955	3.945	3.950
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.414	4.142	3.726
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2,08	1,95	1,75
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,81	1,69	1,52

### DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	23,54	23,28	23,74	23,42	23,52	23,50
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	70,60	68,94	59,22	59,52	57,78	56,30
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	64,48	64,22	54,48	54,72	53,14	51,96
Peso del Agua (gr)	6,12	4,72	4,74	4,80	4,64	4,34
Peso del Suelo Seco (gr)	40,94	30,94	30,74	31,30	29,62	28,46
Contenido de Humedad	14,9%	15,3%	15,4%	15,3%	15,7%	15,2%
Contenido de Humedad Promedio	15,1%					15,5%

### DATOS DE ABSORCION

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	8.560	8.388	8.104
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.369	8.087	7.676
Absorción	4,33%	7,27%	11,49%

### ENSAYO DE EXPANSION

CTE. DIAL EXPANSION			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
		0,001									
13/06/2021	16,00	00 horas	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%
14/06/2021	16,00	24 horas	353,00	0,353	7,66%	493,00	0,493	10,70%	500,00	0,500	10,85%
15/06/2021	16,00	48 horas	465,00	0,465	10,09%	555,00	0,555	12,05%	507,00	0,507	11,01%
16/06/2021	16,00	72 horas	532,00	0,532	11,55%	569,00	0,569	12,35%	509,00	0,509	11,05%
17/06/2021	16,00	96 horas	546,00	0,546	11,85%	572,00	0,572	12,42%	512,00	0,512	11,12%

### ENSAYO DE PENETRACION

CTE. ANILLO= 1.0116"DIV-0.1772			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
AREA PISTON 3,0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
	(mm)	(pulg)									
0.5 min	0,64	0,025	281	284	95	214	216	72	146	148	49
1.0 min	1,27	0,050	416	421	140	339	343	114	303	307	102
1.5 min	1,91	0,075	663	671	224	438	443	148	337	341	114
2.0 min	2,54	0,100	798	807	269	686	693	231	483	489	163
4.0 min	5,08	0,200	1439	1455	485	1338	1353	451	922	932	311
6.0 min	7,62	0,300	1754	1774	591	1551	1569	523	1281	1296	432
8.0 min	10,16	0,400	2023	2046	682	1720	1739	580	1383	1398	466
10.0 min	12,70	0,500	2023	2046	682	1720	1739	580	1383	1398	466





# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## GRAFICOS CBR

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:**

TERRENO NATURAL + ADITIVO 1,5L/30m<sup>3</sup>

**PROF. :**

1,50 m

**UBICACIÓN:**

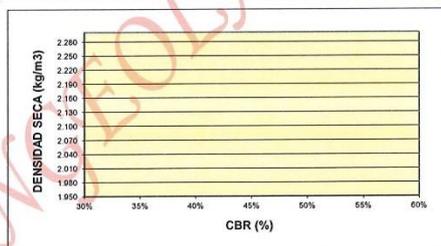
JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:**

ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :**

29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021



**RESULTADOS**

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> ) =	<b>2,09</b>	CBR AL 95% DE MDS =	<b>23,7%</b>
HUMEDAD OPTIMA (%) =	<b>12,17%</b>	CBR AL 100% DE MDS =	<b>26,9%</b>

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLFES	11,85%	4,33%
25 GOLFES	12,42%	7,27%
12 GOLFES	11,12%	11,49%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:  
 CBR (0.1") / CBR (0.2") = **0,83**  
 OBSERVACION: **CONFORME**

V°B°

LABORATORISTA:

  
 Ing. Guido Pastor Quispilupa  
 CIP 78016  
 CRENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D - 2216 / MTC E 108 - 2000

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 2L/30m<sup>3</sup>

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Nº MUESTRAS	1	2	PROMEDIO
Peso de la Cápsula gr.	23,70	23,88	
Peso de la Cápsula + Suelo Humedo gr.	69,92	68,46	
Peso de la Cápsula + Suelo Seca gr.	65,02	64,15	
Peso del Agua gr.	4,90	4,31	
Peso de Suelo Seca gr.	41,32	40,27	
Porcentaje de Humedad %	11,86	10,70	11,28

PROMEDIO DE HUMEDAD % = 11,28



INGEOLAB S.R.L.  
 Ing Guido Fujian-Quespitupa  
 CIP 78016  
 GERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 4318

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 2L/30m3

**PROF. :** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

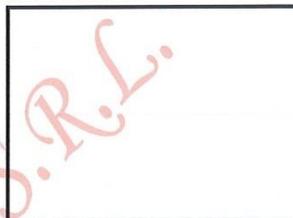
**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**LIMITE LIQUIDO**

Muestra N°	4	3	2	1
Peso de la capsula	13,90	13,64	13,38	13,38
Peso capsula. + suelo humedo	28,54	28,00	28,10	28,72
Peso capsula + suelo seco	26,86	26,10	25,58	25,50
Numero de golpes	45	32	21	13
Peso suelo seco	12,96	12,46	12,20	12,12
Peso agua	1,68	1,90	2,52	3,22
% humedad	13,0	15,2	20,7	26,6

**OBSERVACIONES:**

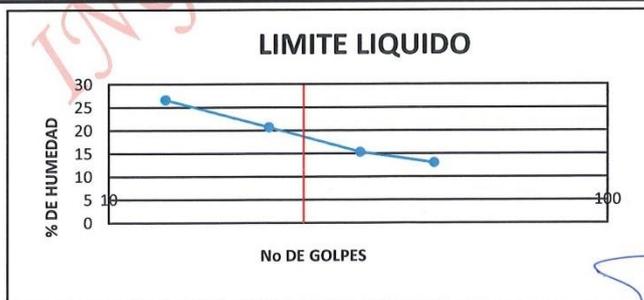


**LIMITE PLASTICO**

Muestra	1	2	3
Peso de la capsula	13,52	13,46	13,49
Peso capsula. + suelo humedo	27,70	27,44	27,57
Peso capsula + suelo seco	26,08	25,82	25,95
Peso suelo seco	12,56	12,36	12,46
Peso agua	1,62	1,62	1,62
% humedad	12,9	13,1	13,0

**RESULTADOS**

LIMITE LIQUIDO	<b>18,7</b>
LIMITE PLASTICO	<b>13,0</b>
INDICE PLASTICO	<b>5,7</b>



  
**INGEOLAB S.R.L.**  
 Ing/ Guido Pajon Quespitupa  
 CIP 76016  
 GERENTE



## INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, Geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

### ENSAYO DE COMPACTACION DE PROCTOR MODIFICADO MTC E 115 - 2000

**TESIS:**  
"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 2L/30m3  
**PROF. :** 1,50 m  
**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.  
**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS  
**FECHA :** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

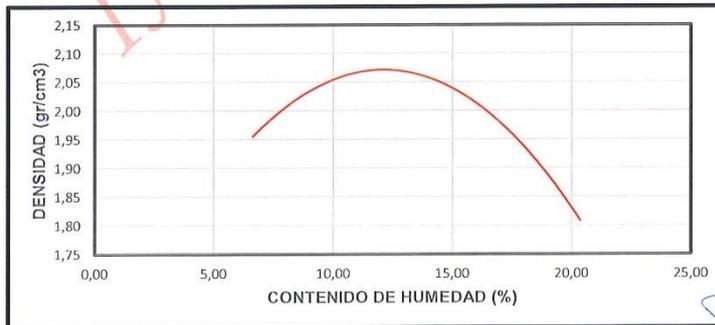
Peso del Molde (gr.) :	2.910,00	Golpes por capa:	56,00		
Diametro del molde (Cm) :	15,20	Altura (Cm) :	11,60	Volumen (c.c.) :	2105

MOLDE No	1	2	3	4	5					
Peso del Suelo Humedo+Molde (gr)	7216,00	7537,00	7797,00	7664,00	7459,00					
Peso del Molde (gr)	2846,00	2846,00	2846,00	2846,00	2846,00					
Peso del Suelo Humedo sin Molde (gr)	4370,00	4691,00	4951,00	4818,00	4613,00					
Volumen del Molde (Cc)	2105	2105	2105	2105	2105					
Densidad Humeda (Tn/m <sup>3</sup> )	2,08	2,23	2,35	2,29	2,19					
CAPSULA No	1	2	3	4	5					
Peso de la Capsula (gr)	23,56	23,28	23,76	23,46	23,18	23,54	23,64	24,50	11,38	23,36
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	88,58	84,94	80,84	76,20	74,68	77,86	73,34	70,34	63,02	81,04
Peso Capsula + Suelo Seco (gr)	84,68	80,96	76,16	71,50	69,24	72,22	66,14	64,16	54,02	71,58
Peso Suelo Humedo (gr)	3,90	3,98	4,68	4,70	5,44	5,64	7,20	6,18	9,00	9,46
Peso Suelo Seco (gr)	61,12	57,68	52,40	48,04	46,06	48,68	42,50	39,66	42,64	48,22
Contenido de Humedad (w)	6,38	6,90	8,93	9,78	11,81	11,59	16,94	15,58	21,11	19,62
Contenido de Humedad real	6,64	9,36	11,70	16,26	20,36					
Densidad Seca (Tn/m <sup>3</sup> )	1,95	2,04	2,11	1,97	1,82					

HUMEDAD OPTIMA (%) =	11,70
DENSIDAD SECA MAXIMA (Tn/m <sup>3</sup> ) =	2,11



**Ing. Guido Parján Quispitupa**  
CHP. 78016  
PERU



# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000

### TESIS:

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

MUESTRA: TERRENO NATURAL + ADITIVO 2L/30m3

PROF.: 1,50 m

UBICACIÓN: JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

SOLICITADO: ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

FECHA: 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

### DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2,11	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	11,70%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural	11,28%	Número de Capas	5 capas

DATOS DEL MOLDE (cm.)	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	11,70	11,70	11,70
Diámetro	15,20	15,20	15,20
Volumen	2123,10	2123,10	2123,10

DATOS DE COMPACTACION	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.966	8.729	8.419
Peso del Molde (gr)	4.065	4.079	4.043
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.901	4.650	4.376
Densidad Humeda (gr/cm3)	2,31	2,19	2,06
Densidad Seca (gr/cm3)	2,16	2,05	1,93

DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	23,04	22,90	22,58	22,70	23,94	23,16
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	72,32	71,40	78,74	73,62	73,82	72,62
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	69,24	68,20	75,00	70,46	70,44	69,48
Peso del Agua (gr)	3,08	3,20	3,74	3,16	3,38	3,14
Peso del Suelo Seco (gr)	46,20	45,30	52,42	47,76	46,50	46,32
Contenido de Humedad	6,7%	7,1%	7,1%	6,6%	7,3%	6,8%
Contenido de Humedad Promedio	6,9%		6,9%		7,0%	

DATOS DE ABSORCION	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9.165	8.994	8.766
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.966	8.729	8.419
Porcentaje de Absorción	4,06%	5,70%	7,93%

ENSAYO DE EXPANSION			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
CTE. DIAL EXPANSION			0,001								
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
13/06/2021	16,00	00 horas	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%
14/06/2021	16,00	24 horas	405,00	0,405	8,79%	415,00	0,415	9,01%	435,00	0,435	9,44%
15/06/2021	16,00	48 horas	420,00	0,420	9,12%	435,00	0,435	9,44%	440,00	0,440	9,55%
16/06/2021	16,00	72 horas	452,00	0,452	9,81%	462,00	0,462	10,03%	470,00	0,470	10,20%
17/06/2021	16,00	96 horas	462,00	0,462	10,03%	461,00	0,461	10,01%	475,00	0,475	10,31%

ENSAYO DE PENETRACION			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
CTE. ANILLO= 1.0115*DIV-0.1772			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
AREA PISTON 3,0 Pulg. Cuadradas			Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
TIEMPO (min)	PENETRACION (mm) (pulg)										
0.5 min	0,64	0,025	101	102	34	75	76	25	56	57	19
1.0 min	1,27	0,050	303	307	102	169	170	57	106	107	36
1.5 min	1,91	0,075	495	500	167	389	393	131	326	330	110
2.0 min	2,54	0,100	832	841	280	708	716	239	647	655	218
4.0 min	5,08	0,200	2241	2267	756	1392	1407	469	1014	1025	342
6.0 min	7,62	0,300	2684	2715	905	1740	1760	587	1320	1335	445
8.0 min	10,16	0,400	2907	2940	980	1813	1834	611	1389	1405	468
10.0 min	12,70	0,500	2907	2940	980	1813	1834	611	1389	1405	468





# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## ENSAYO DE VALOR SOPORTE DE LOS SUELOS (CBR) MTC E 132 - 2000

### TESIS:

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS - 2021"

**MUESTRA:** TERRENO NATURAL + ADITIVO 2L/30m3

**PROF.:** 1,50 m

**UBICACIÓN:** JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:** ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA:** 29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

### DATOS GENERALES

Maxima Densidad Seca (Kg/ m3)	2,11	Peso del martillo	10 lbs
Humedad Optima	11,70%	Altura del martillo	18 pulg
Humedad Natural	11,28%	Número de Capas	5 capas

### DATOS DEL MOLDE (cm.)

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Altura	11,70	11,70	11,70
Diámetro	15,20	15,20	15,20
Volumen	2123,10	2123,10	2123,10

### DATOS DE COMPACTACION

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.966	8.729	8.419
Peso del Molde (gr)	4.065	4.079	4.043
Peso de la Muestra Compacta (gr)	4.901	4.650	4.376
Densidad Humeda (gr/cm3)	2,31	2,19	2,06
Densidad Seca (gr/cm3)	2,16	2,05	1,93

### DATOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4	5	6
Peso del Tarro (gr)	23,04	22,90	22,58	22,70	23,94	23,16
Peso del Tarro + Suelo Humedo (gr)	72,32	71,40	78,74	73,62	73,82	72,62
Peso del Tarro + Suelo Seco (gr)	69,24	68,20	75,00	70,46	70,44	69,48
Peso del Agua (gr)	3,08	3,20	3,74	3,16	3,38	3,14
Peso del Suelo Seco (gr)	46,20	45,30	52,42	47,76	46,50	46,32
Contenido de Humedad	6,7%	7,1%	7,1%	6,6%	7,3%	6,8%
Contenido de Humedad Promedio	6,9%		6,9%		7,0%	

### DATOS DE ABSORCION

	MOLDE: 1	MOLDE: 2	MOLDE: 3
Peso M+M C. despues de Inmersión (gr)	9.165	8.994	8.766
Peso del Molde y Muestra Compacta (gr)	8.966	8.729	8.419
Porcentaje de Absorción	4,06%	5,70%	7,93%

### ENSAYO DE EXPANSION

CTE. DIAL EXPANSION			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSC.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.	Dial	Pulg.	% Exp.
13/06/2021	16,00	00 horas	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%
14/06/2021	16,00	24 horas	150,00	0,150	3,26%	135,00	0,135	2,93%	144,00	0,144	3,13%
15/06/2021	16,00	48 horas	150,00	0,150	3,26%	170,00	0,170	3,69%	193,00	0,193	4,19%
16/06/2021	16,00	72 horas	152,00	0,152	3,30%	171,00	0,171	3,71%	195,00	0,195	4,23%
17/06/2021	16,00	96 horas	152,00	0,152	3,30%	171,00	0,171	3,71%	195,00	0,195	4,23%

### ENSAYO DE PENETRACION

CTE. ANILLO= 1.0115"DIV-0.1772			MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
AREA PISTON 3,0 Pulg. Cuadradas			56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
TIEMPO	PENETRACION		Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI	Dial	Carga Lb	Esfuer. PSI
	(mm)	(pulg)									
0.5 min	0,64	0,025	44	44	15	75	76	25	33	33	11
1.0 min	1,27	0,050	167	169	56	212	215	72	83	84	28
1.5 min	1,91	0,075	440	444	148	411	416	139	145	146	49
2.0 min	2,54	0,100	809	818	273	1077	1089	363	198	200	67
4.0 min	5,08	0,200	2465	2493	831	1167	1180	393	339	343	114
6.0 min	7,62	0,300	3134	3170	1057	1514	1531	510	419	424	141
8.0 min	10,16	0,400	3580	3621	1207	1813	1834	611	490	496	165
10.0 min	12,70	0,500	3580	3621	1207	1813	1834	611	490	496	165





# INGENIERÍA, GEOLOGÍA Y LABORATORIOS S.R.L.

Realizamos trabajos en: Elaboración y ejecución de proyectos de Ingeniería (edificaciones, carreteras, puentes, represas, Reservorios, canales de irrigación, etc), Geología, Minería, geotecnia, Impacto Ambiental, Consultoría y asesoría en general.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

## GRAFICOS CBR

**TESIS:**

"INCORPORACION DE ENCIMA ORGANICA PARA ESTABILIZAR SUBRASANTE ARCILLOSA EN LA CONTRUCCON DE PAVIMENTO RIGIDO - JR. JUSTA PALMA - TALAVERA - ANDAHUAYLAS- 2021"

**MUESTRA:**

TERRENO NATURAL + ADITIVO 2L/30m<sup>3</sup>

**PROF. :**

1,50 m

**UBICACIÓN:**

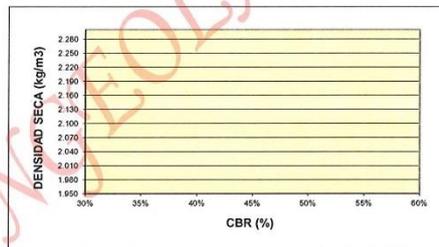
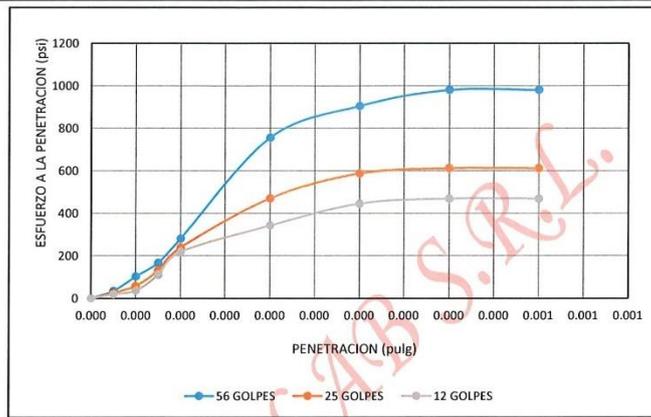
JR. JUSTO PALMA - HUALALACHI  
 DISTRITO DE TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.

**SOLICITADO:**

ELMER JOSSEP ALARCON CARDENAS

**FECHA :**

29 DE SEPTIEMBRE DEL 2021



**RESULTADOS**

MAXIMA DENSIDAD SECA(kg/m <sup>3</sup> ) =	<b>2,11</b>	CBR AL 95% DE MDS =	<b>24,8%</b>
HUMEDAD OPTIMA (%) =	<b>11,70%</b>	CBR AL 100% DE MDS =	<b>28,0%</b>

	(%) EXPANSION	(%) ABSOR.
56 GOLPES	10,03%	4,06%
25 GOLPES	10,01%	5,70%
12 GOLPES	10,31%	7,93%

VERIFICACION DE RESULTADOS, RELACION:  
 CBR (0.1") / CBR (0.2") = 0,56

OBSERVACION:

V°B°

LABORATORISTA:

  
**INGEOLAB S.R.L.**  
 Ing. Guido Parfian Quispitupa  
 CIP 700316  
 INGENIERO

**Anexo 1.4. panel fotográfico**

**FOTO1: calicata en Jr. Justa palma**





FOTO 3. Ensayo con la copa de Casagrande

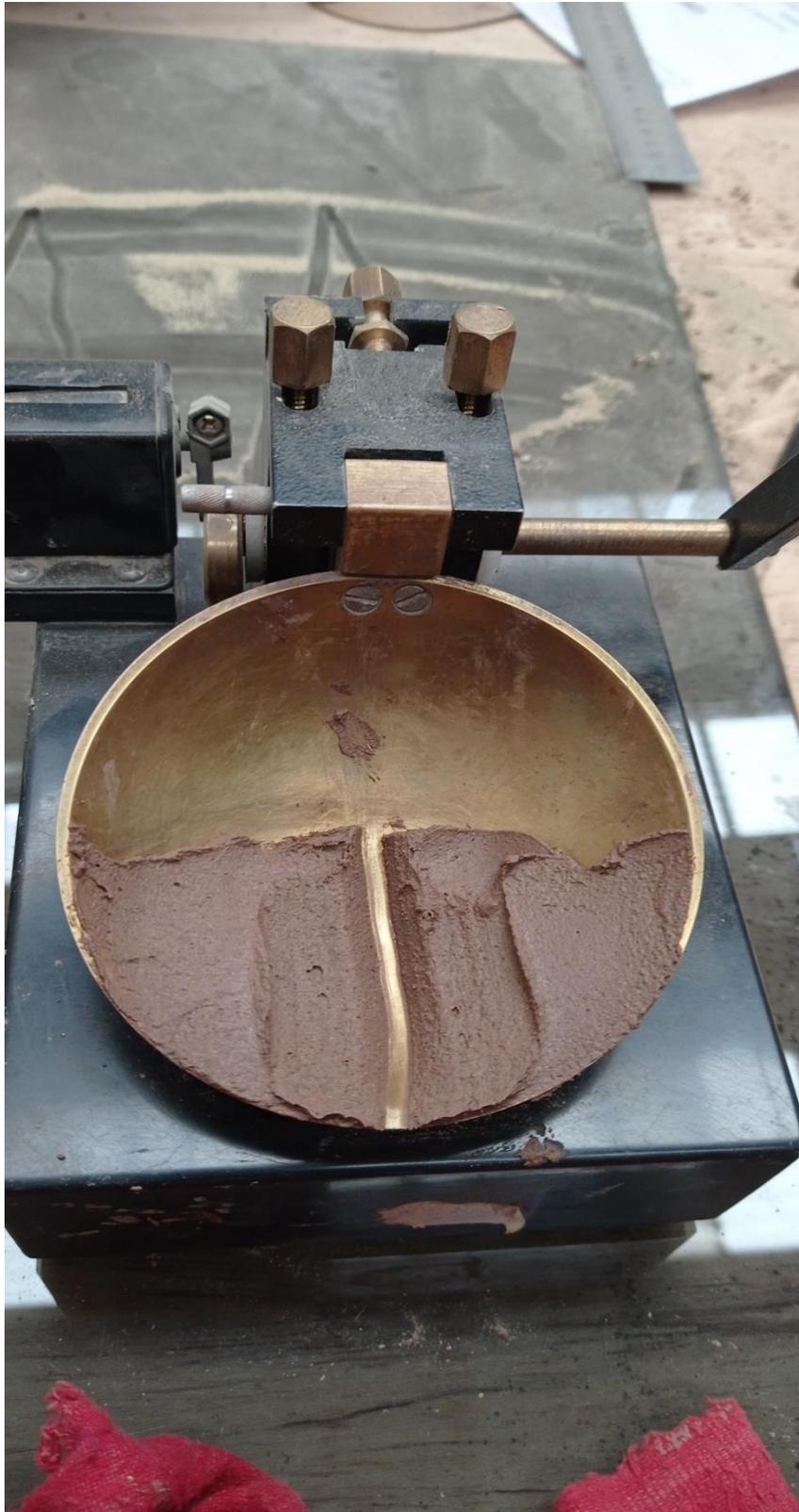


FOTO 4: prueba de Proctor



FOTO 5: desmolde de prueba de proctor



FOTO 6: prueba de expansión mondel de CBR



FOTO 7: ensayo de perneracion CBR



Anexo 1.5. tablas

Tabla13.

Tabla 13. Clasificación según el sistema AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	AS	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:	máx .50											
2 mm	máx .30	máx. 50	mín. 50									
0.5 mm		máx. 25	máx .10	máx .35	Máx .35	máx .35	máx .35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0.08 mm	máx .15											
Límites Atterberg				máx .40	máx .40	máx .40	máx .40	máx .40	máx .40	máx .40	mín. 40	mín. 40
límite de líquido												
índice de plasticidad	máx .6	máx. 6		máx .10	máx .10	mín. 10	mín. 10	máx .10	máx .10	mín. 10	mín. 10	mín. 10
											IP<L L-30	IP<L L-30
Índice de grupo	o	o	o	o	o	máx .4	máx .4	máx .8	máx .12	máx .16	máx .20	máx .20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Aren a Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Tabla 14.

Tabla 14. Clasificación de suelos según SUCS para suelo granular

DIVISIONES PRINCIPALES			SIMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Mas de la mitad del material retenido en el tamiz numero 200	GRAVAS Mas de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz numero 4 (4,76mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas más bien graduadas, mezclas gravas-arenas, pocos finos o sin finos	determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz numero 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW, GP,SW,SP. >12%->GM.GC.SM.SC.5 al 12%-.>casos limite que requieren usar doble símbolo	$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o si finos		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-finos.		límites de atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$	enzima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos limite que requieren doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		límites de atterberg sobre la línea A con un $IP > 7$	
	ARENAS Más de la mitad de la 6'acción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4.76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	sw	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = DeoID, 0 > 6$ $Cc = (D30fiD, 0xDeo \text{ entre } 1 \text{ y } 3$	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas. mezclas de arena y limo.		Límite de atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$	los limites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble
			se	Arenas arcillosas. mezclas arena-arcilla		Límite de atterberg sobre la línea A o $IP > 7$	

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Tabla 15.

Tabla 15. Clasificación de suelos según SUCS para suelo fino

<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	<b>Limos y arcillas:</b> Limite líquido menor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	G= Grava, S=Arena, O=Suelo Organico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduado, P=Mal Graduado, L=Baja Comprensibilidad, H=Alta Comprensibilidad
		<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	<b>Limos y arcillas:</b> Limite líquido mayor de 50	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
		<b>CH</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		<b>OH</b>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
		<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	
<b>Suelos muy orgánicos</b>		<b>PT</b>	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	

**CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S)**

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Tabla 16.

Tabla 16. Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		Grava 75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
material fino	limo	0.075 mm – 0.005 mm
	arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Tabla 17.

Tabla 17. *Clasificación de suelos según índice de plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	suelo muy arcilloso
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	suelo poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

Tabla 18.

Tabla 18. *Categoría de subrasante*

Categorías de Subrasante	CBR
S <sub>0</sub> : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos