



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Estabilización de suelo arcilloso con vidrio y PET, en el Jr. 9 de  
diciembre, distrito de Quinua - Ayacucho, 2021”

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

**AUTOR:**

Maraví Rodríguez, Jesús Fernando (ORCID: 0000-0002-2631-1507)

**ASESOR:**

Dr. Ing. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERU**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme ayudado y dado sabiduría para lograr mis objetivos, también por haberme dado salud y fuerza durante este proceso de mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por encaminarme y darme valentía en momento más difíciles de mi vida, así mismo a mis familiares, amigos y docentes que en su momento me dieron la motivación que necesitaba para poder lograr una de mis metas. Gracias a todas estas personas por aportar un granito de idea en mi vida profesional.

## Índice de contenidos

|  |     |
|--|-----|
| DEDICATORIA.....   | ii  |
| AGRADECIMIENTO.....                                      | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                   | v   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                  | vii |
| RESUMEN .....  | x   |
| ABSTRACT .....   | xi  |
| I. INTRODUCCIÓN .....                                    | 1   |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                  | 5   |
| III.METODOLOGÍA .....                                    | 34  |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación: .....                | 34  |
| 3.2 Variables y operacionalización: .....                | 35  |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                 | 35  |
| 3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos..... | 35  |
| 3.5. Procedimientos.....                                 | 36  |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                    | 37  |
| 3.7. Aspectos éticos .....                               | 37  |
| IV.RESULTADOS.....                                       | 39  |
| V. DISCUSIÓN .....                                       | 73  |
| VI.CONCLUSIONES .....                                    | 80  |
| VII.RECOMENDACIONES .....                                | 82  |
| VIII.REFERENCIAS: .....                                  | 83  |
| IX.ANEXOS.....   | 85  |

## Índice de tablas

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 1.  | Categorías de Subrasante. ....  | 10 |
| Tabla 2.  | Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....   | 11 |
| Tabla 3.  | Clasificación de suelos según Índice de grupo. ....   | 12 |
| Tabla 4.  | Clasificación de suelos por índice plástico.....  | 14 |
| Tabla 5.  | Tamaños nominales de abertura.....  | 15 |
| Tabla 6.  | Clasificación de los suelos – Método AASHTO.....  | 17 |
| Tabla 7.  | Medidas de penetración y presión en el vástago en el suelo.....   | 18 |
| Tabla 8.  | Clasificación de subrasante. ....   | 18 |
| Tabla 9.  | Resumen ensayo Proctor Estándar y Modificado. ....  | 20 |
| Tabla 10. | Método de Proctor a utilizar. ....  | 21 |
| Tabla 11. | Propiedades del vidrio.....   | 28 |
| Tabla 12. | Guía de referencia para seleccionar el tipo de estabilizador.....   | 30 |
| Tabla 13. | Guía de selección de tipo de estabilizador.....   | 31 |
| Tabla 14. | Número de Calicatas para la exploración de los suelos. ....   | 32 |
| Tabla 15. | Cuadro comparativo de resultado límites Atterberg de la muestra M-01 + dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% vidrio.....            | 43 |
| Tabla 16. | Granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado natural. ....   | 44 |
| Tabla 17. | Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de la M-01. ....   | 45 |
| Tabla 18. | Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra M-01 + dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% vidrio y PET. .... | 53 |
| Tabla 19. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01 en estado natural – CBR.....   | 55 |
| Tabla 20. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 en estado natural. ....   | 55 |
| Tabla 21. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+0.5% de vidrio – CBR.....  | 57 |
| Tabla 22. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+0.5% de vidrio. ....  | 57 |
| Tabla 23. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+0.5% de PET – CBR.....   | 58 |
| Tabla 24. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+0.5% de PET. .  | 59 |
| Tabla 25. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1% de vidrio – CBR.....  | 61 |
| Tabla 26. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-01+1% de vidrio..   | 61 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 27. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1% de PET – CBR.....   | 62 |
| Tabla 28. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+1% de PET. ....   | 63 |
| Tabla 29. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1.5% de vidrio – CBR.....  | 65 |
| Tabla 30. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+1.5% de vidrio.   | 65 |
| Tabla 31. | Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1.5% de PET – CBR.....   | 66 |
| Tabla 32. | Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+1.5% de PET. .  | 67 |
| Tabla 33. | Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra M-01 + dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% de vidrio y PET. .... | 68 |

## Índice de figuras

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1.  | Capas del pavimento flexible .....  | 9  |
| Figura 2.  | Cuchara Casagrande para determinar el límite líquido de un suelo  | 13 |
| Figura 3.  | Límites de Atterberg.....   | 14 |
| Figura 4.  | Ensayo de límite plástico en laboratorio.....   | 14 |
| Figura 5.  | Columna de tamices para ensayo granulométrico .....   | 15 |
| Figura 6.  | Curva granulométrica Fuente: Manual suelos y pavimentos.....  | 16 |
| Figura 7.  | Expresión detallada al método de CBR.....   | 18 |
| Figura 8.  | Molde y trípode de CBR.....   | 19 |
| Figura 9.  | Determinación del valor de CBR en laboratorio. ....   | 19 |
| Figura 10. | Resultados del Ensayo Proctor.....  | 21 |
| Figura 11. | Equipo para ensayo Proctor.....   | 22 |
| Figura 12. | Molde Proctor.....  | 22 |
| Figura 13. | Tipos de polímeros identificados para ser reciclados.....   | 24 |
| Figura 14. | Símbolo para reciclaje de PET, y su reciclaje en costales. ....   | 26 |
| Figura 15. | PET triturado.....  | 26 |
| Figura 16. | Utensilios de vidrio sódico.....  | 27 |
| Figura 17. | Izquierda ubicación del distrito de Quinua en el mapa del Perú.<br>Derecha ubicación del distrito de Quinua en el mapa de Lima<br>Metropolitana. .... | 40 |
| Figura 18. | Calicata en sitio M-01.....   | 41 |
| Figura 19. | Materiales PET y Vidrio.....  | 42 |
| Figura 20. | Ensayo límite plástico izquierda y límite líquido derecha.....  | 43 |
| Figura 21. | Grafica comparativa de resultados límites Atterberg.....  | 43 |
| Figura 22. | Figura 20: Curva de la granulometría muestra calicata M-01 en estado<br>natural.....  | 45 |
| Figura 23. | Ensayo Proctor.....   | 46 |
| Figura 24. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima<br>del suelo natural.....   | 46 |
| Figura 25. | muestra M-01 + 0.5 % de vidrio para ensayo proctor.....   | 47 |
| Figura 26. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima<br>seca de la muestra M-01 + 0.5 % de vidrio. ....                                    | 47 |
| Figura 27. | muestra M-01 + 0.5 % de PET para ensayo proctor. ....   | 48 |
| Figura 28. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima<br>seca de la muestra M-01 + 0.5 % de PET.....  | 48 |
| Figura 29. | muestra M-01 + 0.5 % de PET para ensayo proctor. ....   | 49 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 30. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1 % de vidrio. ....   | 49 |
| Figura 31. | muestra M-01 + 1 % de PET para ensayo proctor. ....   | 50 |
| Figura 32. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1 % de PET.....       | 50 |
| Figura 33. | Muestra M-01 + 1.5% de vidrio para ensayo Proctor. ....   | 51 |
| Figura 34. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1.5 % de vidrio. .... | 51 |
| Figura 35. | Muestra M-01 + 1.5% de PET para ensayo Proctor.....   | 52 |
| Figura 36. | Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1.5 % de PET.....     | 52 |
| Figura 37. | Grafica comparativa de humedad óptima y máxima densidad seca. ....  | 53 |
| Figura 38. | Ensayo CBR.....   | 54 |
| Figura 39. | Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 en estado natural.....            | 55 |
| Figura 40. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 en estado natural. ....                                     | 56 |
| Figura 41. | Muestra M-01 + 0.5% de vidrio en Ensayo CBR. ....   | 56 |
| Figura 42. | Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 0.5% vidrio.....                | 57 |
| Figura 43. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 0.5% vidrio.....  | 58 |
| Figura 44. | Diagrama ensayo CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 0.5% PET.....                         | 59 |
| Figura 45. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 0.5% PET. ....  | 60 |
| Figura 46. | Muestra M-01 + 1% de vidrio en Ensayo CBR. ....   | 60 |
| Figura 47. | Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1% vidrio.....                  | 61 |
| Figura 48. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1% vidrio. ....   | 62 |
| Figura 49. | Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1% PET. ....                    | 63 |
| Figura 50. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1% PET. ....  | 64 |
| Figura 51. | Muestra M-01 + 1.5% de vidrio en Ensayo CBR .....   | 64 |



|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 52. | Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1.5% vidrio..... | 65 |
| Figura 53. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1.5% vidrio.....                           | 66 |
| Figura 54. | Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1.5% PET.....    | 67 |
| Figura 55. | Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1.5% PET.<br>.....                         | 68 |
| Figura 56. | Grafica comparativa CBR de PET y vidrio. ....  | 69 |

## RESUMEN

La presente tesis estudia el mejoramiento del suelo arcilloso a nivel de subrasante del Jr. 9 de diciembre del distrito de Quinua cuando se le incorpora vidrio y PET, como aditivo, obtenidos del reciclaje y procesamiento industrial en plantas recicladoras.

El estudio se centró en el mejoramiento de suelo a nivel de sub rasante con contenido de arcilla en su composición, el cual mediante el mejoramiento, alcance valores de CBR que lo caractericen como una sub rasante regular a ser usada.

Basándonos en la Norma Técnica Peruana y el Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y haciendo uso del laboratorio de suelos y pavimentos SOILTEST PERU en la ciudad de Ayacucho, se realizaron ensayos estándares para clasificar el suelo, límites de Atterberg, ensayos de compactación como Próctor modificado y finalmente ensayos CBR tanto al suelo natural como al suelo incorporado con VIDRIO y PET en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5%, con el objeto de tener un patrón de comparación en la medición y determinar el mejor material a ser adicionado al suelo.

Para ello, se practicaron ensayos previos geotécnicos para determinar la granulometría y textura ideal de incorporación VIDRIO y PET a ser usado como aditivo en el mejoramiento del suelo y determinar la dosificación óptima.

**PALABRAS CLAVES;** Subrasante, mejoramiento, vidrio, PET.

## **ABSTRACT**

This thesis studies the improvement of clay soil at the subgrade level of Jr. December 9 of the Quinoa district when glass and PET are incorporated as additives, obtained from recycling and industrial processing in recycling plants.

The study focused on the improvement of soil at the subgrade level with clay content in its composition, which through the improvement reaches CBR values that characterize it as a regular subgrade to be used.

Based on the Peruvian Technical Standard and the Material Testing Manual of the Ministry of Transport and Communications and making use of the SOILTEST PERU soil and pavement laboratory in the city of Ayacucho, standard tests were carried out to classify the soil, Atterberg limits, tests of compaction as a modified Próctor and finally CBR tests on both the natural soil and the soil incorporated with GLASS and PET in percentages of 0.5%, 1% and 1.5%, in order to have a comparison pattern in the measurement and determine the best material to be added to the soil. For this, previous geotechnical tests were carried out to determine the ideal granulometry and texture for incorporation of GLASS and PET to be used as an additive in soil improvement and to determine the optimal dosage.

**KEYWORDS;** Subgrade, improvement, glass, PET.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En estos últimos tiempos, se viene realizando investigaciones las cuales busquen la mejora de las propiedades mecánicas de suelos con alto contenido de finos utilizando diversos métodos para aumentar su resistencia a las cargas del pavimento y tránsito.

Por ello hoy en día toma importancia la mejora de suelos usando materiales provenientes del reciclaje de diferentes tipos de polímeros, ya que la generación de estos residuos inorgánicos que se arrojan a diario como desperdicio tales como plásticos y botellas de vidrio, esto se observa en la ciudad de Quinua ya que al ser un destino turístico tiene gran cantidad de residuos de este tipo.

Es sabido que el plástico y el vidrio son materiales que contaminan el medio ambiente por su largo tiempo de descomposición y que, si buscamos la forma de reutilizarlos empleándolo en el suelo de fundación de carreteras con bajo soporte de carga como aquellos con presencia de limos, arcilla y baja cantidad de gravas, categorizados como tipo So o S1 con CBR menor al 6% y que requieren de ser mejorados.

En la construcción de carreteras se busca siempre minimizar los costos de construcción el cual es alto cuando se trata del movimiento de tierras por ello cuando se toma decisiones sobre la subrasante de la carretera se tiene que hacer estudios físico mecánicos para tomar la mejor decisión sobre el tratamiento de la subrasante ya sea de mejora o cambio de la misma evitando siempre más movimiento de tierras.

En nuestro caso particular la localidad de Quinua es una zona con gran presencia de arcilla en su suelo por ello los pobladores se dedican a la artesanía en arcilla razón por la cual el Jr. 9 de diciembre del distrito de Quinua tiene un alto contenido de este tipo de material el cual requiere de ser mejorado con uno de los métodos recomendados por el Manual de Carreteras, Geología, Geotecnia y Suelos del MTC, o con la opción planteada por esta investigación, que es el mejorar el suelo a nivel de sub rasante con la incorporación de vidrio y PET.

En conclusión, el uso de un material de desecho contribuye a reducir la contaminación ambiental, proporcionando un valor agregado a estos materiales de desecho al aplicarlos en la subrasante de nuestra carretera y con más importancia ya que soluciona el problema planteada en esta investigación.

**Formulación del problema** ¿Cómo influye la incorporación de vidrio y PET en las propiedades de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021?. ¿Cómo influye el vidrio y PET en la plasticidad de sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021? ¿Cómo influye el vidrio y PET en la compactación de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021?. ¿Cómo influye el vidrio y PET en la resistencia de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021?. ¿Cómo influye la dosificación de vidrio y PET en las propiedades de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021?.

**Justificación Teórica** Se justifica por que propone, nuevas opciones de mejora de suelos a nivel de sub rasante con alto contenido de arcilla, en substitución a los acostumbrados métodos propuestos en el Manual de Carreteras MTC. Incorporando vidrio en polvo y PET, mediante los ensayos de laboratorio podremos determinar si ayuda a mejorar las propiedades mecánicas de un suelo con contenido de arcilla; sus múltiples aplicaciones y su reducido costo muestran que el vidrio y el PET puedan ser acopiadas mediante el "reciclaje", de tal manera que se reduzca la contaminación ambiental y darle utilidad al vidrio y PET para beneficio económico sociedad y la geotecnia vial. Su **justificación metodológica** es necesario seguir los procedimientos y estándares metodológicos para aplicarlos a la Ingeniería con finalidad de realizar una investigación científica y técnica. El soporte fundamental metodológico radica en el diseño de investigación puesto que la experiencia en campo tendrá un papel preponderante. La **justificación técnica** La investigación a realizar busca emplear el vidrio y PET en la sub rasante a evaluar con la finalidad mejorar su plasticidad, compactación y resistencia, aplicando los conceptos técnicos del Manual de Carreteras de suelos, geología y asfaltos respecto al mejoramiento de sub rasante empleando estabilización de tierras con productos químicos y con la **justificación social** importante ya que la infraestructura vial se encuentre en óptimo estado y su tiempo de vida útil sea el previsto, para esto se requiere que los proyectos sean amigables, de calidad, técnicamente viables y económicamente viables. La sociedad requiere que las vías se encuentren en buen estado para favorecer la fluidez del tránsito y que las actividades de comercialización, turismo, educación, trabajo, etc. no tengan retrasos en la movilidad. La **hipótesis general** es que el vidrio y PET influyen en

las propiedades de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. **Hipótesis específicas** el vidrio y PET en la plasticidad de sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. El vidrio y plástico reciclado triturado – PET en la compactación de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. El vidrio y PET en la resistencia de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. La dosificación de vidrio y PET en las propiedades de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. **Objetivo general.** Evaluar Cómo influye la incorporación de vidrio y PET en las propiedades de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. **Objetivo específico** Determinar la influencia del vidrio y PET en la plasticidad de sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. Determinar la influencia del vidrio PET en la compactación de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. Determinar la influencia del vidrio y PET en la resistencia de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021. Determinar la influencia del vidrio y PET en las propiedades de la sub rasante en el Jr. 9 de diciembre, Quinua, Ayacucho, 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO**

## II. MARCO TEÓRICO

Como **Antecedentes internacionales** se tiene **Javed & Chakraborty (2020)** el **Objetivo** fue de ver el efecto de la estabilización del suelo con polvo de vidrio residual para reducir costos y respetar el medio ambiente. La **metodología**, fue realizar diferentes pruebas geotécnicas al suelo virgen comparadas al mezclar polvo de vidrio con el suelo en estudio en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% en peso seco de suelo para determinar el porcentaje óptimo. Los **resultados** al emplear polvo de vidrio pasante el tamiz N°200, obtuvieron un suelo natural de arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), Para el índice de plasticidad en suelo natural fue de 21.52% el cual se redujo en 18.5%, 17.4%, 16.5%, 16.3%, y 15.5%. Para el ensayo Proctor modificado los resultados fueron 1.89, 1.95, 2.00, 2.03, y 2.03 g/cm<sup>3</sup>, mayores al suelo natural de 1.83 g/cm<sup>3</sup>. En el ensayo CBR obtuvieron un inicial de 1.56% que incrementó a 2.45%, 4.2%, 6.5%, 8.9%, y 10.4%. **Conclusión** el óptimo de agregado de polvo de vidrio fue 8% en peso seco del suelo ya que la máxima densidad seca aumento de 1.83% a 2.03 g/cm<sup>3</sup>, el CBR aumento de 1.56% a 10.4%, la tasa de incremento disminuye después del 8%.

**Mancy Mosa (2017)** el estudio centró su **objetivo** fue usar las botellas de vidrio de desecho para modificar las propiedades de suelos pobres en resistencia de subrasante, la **metodología** fue la de triturar las botellas de vidrio desechadas convirtiéndolas en polvo de dos tipos de granulometría las cuales fueron S1 con partículas entre las malla N°50 de 0.425mm y N°200 (0.075) y la segunda llamada S2 con partículas pasante la malla N°200 o 0.075mm. los que se ensayaron pruebas en cinco diferentes porcentajes de (4%, 8%, 12%, 16% y 20% en peso de suelo seco) se agregaron a un suelo de subrasante pobre para modificar sus propiedades de esta manera investigar sus particularidades geotécnicas. Los **resultados** al emplear polvo de vidrio pasante la malla N°50 y N°200, obtuvieron un suelo natural tipo arcilla mal gradada (CH), Para el índice de plasticidad en suelo natural fue de 16% el cual se redujo en 9.5%, 8.1%, 8.6%, 8.9%, y 9.5%. Para el ensayo Proctor modificado los resultados fueron 1.95, 1.97, 1.99, 2.02, y 2.07 g/cm<sup>3</sup>, mayores al suelo natural de 1.89 g/cm<sup>3</sup>. En el ensayo CBR obtuvieron un inicial de 3.75% que incrementó a 8.3%, 12.5%, 18%, 21.3%, y 26.9%. En **conclusión**, la mezcla de polvo de vidrio tipo S2 mostro mejores resultados al aumentarlo en cantidad de 20% la cual aumenta la resistencia del suelo y disminuye



su volumen, ya que la máxima densidad seca aumento de 1.89 a 2.07g/cm<sup>3</sup>. El CBR incremento de 3.75% a 26.9%. Y para el IP se redujo de 16% a 9.5.

**Siyab Khan, Tufail, & Mateeullah (2018)** el presente estudio tuvo como **objetivo** observar los efectos de utilización de residuos de vidrio roto en la mejora geotecnia probándolos en laboratorio. La **metodología** se basó en contemplar las propiedades físicas químicas y de ingeniería de suelo virgen para luego ser tratada con diferentes cantidades de polvo de vidrio para estabilizar el suelo local, la adición fue determinada en porcentajes de 4%, 8% y 12%, para luego realizarle las pruebas de gradación, gravedad específica, compactación, Proctor estándar, límites Atterberg, corte directo, CBR, etc.

Los **resultados** al emplear polvo de vidrio pasante la malla N°200, obtuvieron un suelo natural tipo arcilla limosa, Para el índice de plasticidad en suelo natural fue de 4.14% el cual se redujo en 3.44%, 3.16% y 2.87%. Para el ensayo Proctor modificado en suelo natural un valor de 2.27 g/cm<sup>3</sup> los que se incrementaron en 2.33, 2.39 y 2.39 g/cm<sup>3</sup>. En el ensayo CBR obtuvieron un volar en suelo natural de 45.1% que incrementó a 51.01%, 56.03% y 59.61%. El estudio **concluyo** que la mejor dosificación de vidrio pulverizado es del 8%, ya que el índice de plasticidad disminuyo de 4.14% a 2.87% esto debido a que el polvo de vidrio no tiene cohesión. En cuanto al CBR mejoro de 45.1% a 56.03% esto a razón de que el material adicionado es de naturaleza puzolanica cuando se mezcla con la tierra le da una resistencia adicional. La máxima densidad seca aumento de 2.27 a 2.39g/cm<sup>3</sup> esto debido a que el óptimo contenido de humedad disminuye por la baja capacidad de absorción del vidrio.

Como **Antecedentes nacionales** se tiene, **Sanchez Perez & Terrones Garcia (2020)** en este estudio el **objetivo** fue evaluar el efecto del polvo de conchas de abanico y vidrio reciclado en la estabilización de suelos, de la trocha carrozable del centro poblado Huacacorral. La **metodología** es experimental de nivel cuantitativo, diseño experimental y aplicativo. Los **resultados** al utilizar polvo de concha de abanico y vidrio con partículas de 0.15mm en dosificaciones de 10%, 15% y 20%, obtuvieron un suelo natural de arcilla de baja plasticidad o (CL), Para el índice de plasticidad en suelo natural fue de 16.86% el cual se redujo en 15.42%, 13.26%, 12.60%. Para el ensayo Proctor modificado los resultados fueron 1.748, 1.787 y 1.807 g/cm<sup>3</sup>, mayores al suelo natural de 1.71 g/cm<sup>3</sup>. En el ensayo CBR obtuvieron

un inicial de 4.9% se incrementó a 11%,15% y 20%. En **Conclusión**, el valor óptimo de adición de estabilizante se considerado el de 20%. Para el IP obtuvo una disminución de 16.86% a 12.60%. En Proctor modificado de 1.71 a 1.807% g/cm<sup>3</sup>. y para CBR de 3.8% a 16.8%.

**Flores León (2019)** este trabajo su **objetivo** se enfocó en evaluar que sucede al adicionar el plástico PET obtenido del reciclaje de botellas sobre la respuesta físico mecánicas del suelo de subrasante de un estacionamiento de vehículos, la **metodología** empleada es experimental debido a la manipulación de las variables para lograr los objetivos propuestos y es de diseño cuantitativo debido a que las variables manejadas fueron números exactos los cuales se expresaron tangibles en sus diversos ensayos. Los **resultados** al utilizar PET con partículas de 25 mm en dosificaciones de 1.15% y 1.25%, obtuvieron un suelo natural del tipo arcilla de baja plasticidad o (CL). Para el ensayo Proctor modificado los resultados fueron 1.995, y 1.99 g/cm<sup>3</sup>, mayores al del suelo natural de 1.844 g/cm<sup>3</sup>. En el ensayo CBR obtuvieron una resistencia en suelo natural de 16.91% el que se incrementó y disminuyo en 17.93% y 12.50%. En **Conclusión**, el valor óptimo de adición de estabilizante se considerado fue el de 1.15%, ya que para el ensayo de Proctor modificado incremento de 1.844 a 1.995 g/cm<sup>3</sup> y el CBR aumento de 16.91% a 17.93%.

**Ramos Hinojosa (2014)** su investigación planteó el **Objetivo** de dar valor al polímero reciclado PET para usarlo en el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante. Su **metodología** fue experimental ya que se basó en los resultados obtenidos en laboratorio, con un diseño de investigación pre experimental definido con los resultados obtenidos antes y después de las dosificaciones de polímero y el método aplicado es el cuantitativo por que usa los datos numéricos obtenidos para sustentar la hipótesis. Los **resultados** fueron que obtuvieron un suelo natural del tipo arcilla ligera y tipo grava con arena (CL), luego con la adición de PET pasante la malla N° 3/8" y retenido en malla N°1/4", en dosificaciones de 1%, 1.5% y 2%. Para el ensayo Proctor modificado en suelo natural obtuvieron un valor de 1.94 g/cm<sup>3</sup> el que se redujo en 1.80, 1.74 y 1.78 g/cm<sup>3</sup>. En el ensayo CBR obtuvieron un volar en suelo natural de 3.91% el cual se incrementó a 4.70%, 4.85% y 4.64%. **Concluyendo** que el adicionado de óptimo de PET es el de 1.5% ya que aumento el valor del CBR de 3.91% a 4.85%.

**Zenteno (2018)** su **objetivo** fue observar el efecto estabilizador del PET en la estabilización de un suelo fino en dosificaciones de 2, 4, 6, 8 y 10% en peso del producto estabilizador mencionado en relación al peso seco del suelo a mejorar la **metodología** utilizada fue experimental por que observa el efecto del PET en los parámetros de resistencia de un suelo fino. Los **resultados** de la investigación arrojaron un tipo de suelo natural del tipo arena arcillosa con presencia de limos (SC), al que se le incorporo el PET (Pasante la malla N° 4 o 5 mm y retenido en la malla N° 10 o 2 mm) en dosificaciones de 2, 4, 6, 8 y 10%. Para el ensayo Proctor modificado en suelo natural dio un valor de 1.844 gr/cm<sup>3</sup> el que disminuyo en 1.802, 1.778, 1.756, 1.747 y 1.739 gr/cm<sup>3</sup>. Para el CBR de suelo natural un valor de 28.91% el cual con la adición del polímero dio como resultado 50.65%, 20.39%, 19.29%, 18.38% y 17.36% respectivamente. En **conclusión**, lograron determinar que la mejor adición de PET es de 2%, ya que mejoro su soporte de CBR de 28.91% a 50.65%.

Como **Artículo científico** se tiene **Enriquez Figueroa & Lopez Lara (2019)** mencionan que las estructuras de pavimentos están propensas a sufrir deterioros a causa de una serie de factores, entre estos se encuentran la calidad en los materiales, cambios climáticos, deficiencias durante los procesos constructivos y tránsito pesado con exceso de carga, ocasionando que la seguridad del usuario disminuya. Por otro lado, el consumo desmedido de materiales desechables ha provocado que cada vez haya más desechos sólidos no degradables y aunado a esto el uso masivo de minerales como materia prima de la industria de la construcción ocasionan un impacto directo al medio ambiente y a la salud de los seres vivos, por ello este escrito tuvo como objetivo recopilar y analizar las investigaciones realizadas con materiales reciclados para mejorar las tipologías de la capa de rodadura de los pavimentos y con esto aumentar su vida útil.

**Rocha Álvarez, Pérez, & Villanueva (2020)** el articulo hace referencia a la utilización de nuevos materiales de construcción que sean amigables con el medio ambiente pagar bajar los niveles de contaminación, en Colombia demostró que hay falta de reutilización de materiales reciclables planteando usos para los diversos tipos de polímeros en sus diversas variedades como el plástico que tiene múltiples usos ya que demostró con estudios que este material cuenta con buena resistencia a la compresión y flexión, este producto se puede moldear para usar en

construcción de muros de carga, divisiones, Baldosas, adoquines entre otros, para lo cual muestra investigaciones relacionadas con el tema propuesto haciendo referencia también a artículos y leyes nacionales e internacionales que avalan el trabajo.

### **Sub rasante**

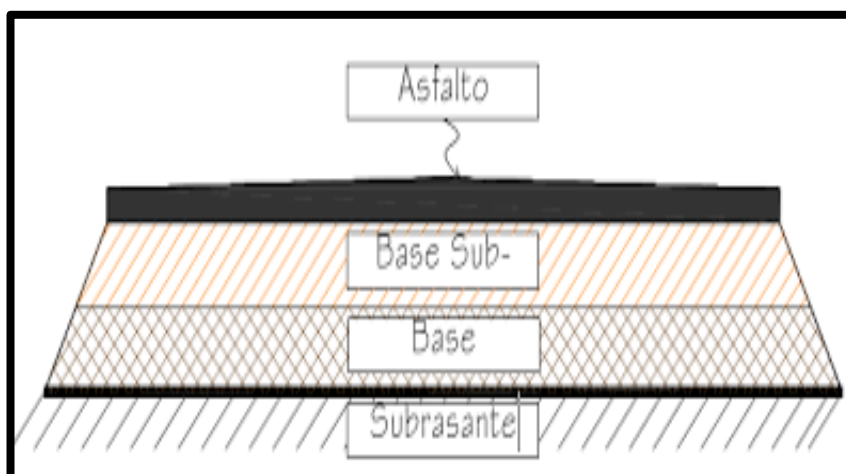
Comprende el suelo que se encuentra luego del corte del corte realizado por la maquinaria el cual se compactara y sobre la cual se colocara la estructura del pavimento el cual puede ser de material seleccionado extraído de canteras.

Los pavimentos en su tiempo de vida y uso sufren agrietamientos los cuales tienen su inicio en el suelo de fundación natural, para evitar las deflexiones es necesario realizar una buena caracterización de esta capa por ello se debe examinar la sub rasante minuciosamente en sus propiedades mecánicas e hidráulicas (Melendez, 2013).

La función principal de la subrasante en ingeniería de carreteras es conocida ya que esta es la que da soporte a las cargas transmitidas por la estructura del pavimento y dar soporte a la misma, para el proyecto de pavimentos los factores fundamentales son el tráfico, la temporada climática, la materia prima aprovechables y la subrasante.

Los suelos idóneos para subrasante son los que presentan un valor de CBR mayores que 6%, si fueran menores, se tiene que sustituir el material del lugar o buscar que sea estable.

Figura 1. Capas del pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Categorías de Subrasante.

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

Fuente: MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013.

### **Características primordiales a tener en cuenta para la sub rasante**

#### **Humedad natural:**

Determinar la cantidad de humedad natural admitirá realizar una comparación con la humedad óptima de laboratorio realizar un buen ensayo proctor para conseguir el CBR del suelo. En el caso de que la humedad natural sea semejante o menor a la humedad óptima, el experto recomendará compactar normalmente el suelo más la cantidad necesaria de agua. Al contrario, si la humedad encontrada resulta superior a la diseñada en saturación del suelo se debe incrementar la energía de compactación y sustituir el material saturado aireándolo (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013, p.38)

La característica principal de todos los suelos es su contenido de humedad natural, ya que en suelos con grano fino su firmeza en el estrato de subrasante son definidas relacionándose con la humedad y densidad con los que cuentan estos suelos.

#### **Granulometría:**

Es la conformación de granos de un suelo que parten de los grandes que se agarran con la mano hasta los más finos como los limos y arcillas. Con la granulometría se puede evaluar las características para su clasificación de suelo (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013, p.36).

Una distribución granulométrica apropiada garantiza un buen comportamiento del suelo frente a la acción de cargas. Por ello los suelos necesitan un porcentaje

apropiado de gravas para soportar las cargas le serán transmitidas consecuentemente un porcentaje determinado de arena rellena los vacíos generados entre las gravas y logra una unión entre los materiales.

Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas

| Tipo de Material |         | Tamaño de las partículas        |
|------------------|---------|---------------------------------|
| 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: MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013

### La curva granulométrica.

Gráfica que muestra la gradación y conducta del suelo. Si examinamos esta grafica en detalle, notaremos la regularidad del suelo y podremos diferenciar si es una granulometría continua o discontinua (Bañón Blázquez & Beviá García 2010).

- *“Granulometría discontinua: Las trayectorias planas, se dan por que no hay retención de granos en los tamices Ejemplo de ello son suelos mal graduados de partículas finas (Bañón Blázquez & Beviá García 2010, p7).*
- *“Granulometría continua: en este caso todos los tamices retienen material, por ello esta curva es de trazo regular continuo, es el caso de suelos bien graduados (Bañón Blázquez & Beviá García 2010, p.7)*

### Coeficiente de curvatura.

Relaciona el diámetro efectivo por donde es pasante el 30% en peso del total de la muestra al cuadrado, entre el producto de los diámetros efectivos por donde son pasantes el 60% y 10%.

$$C_c = D_{30}^2 / D_{10} \times D_{60} \dots (1)$$

$D_x$ : Abertura de tamiz o también diámetro efectivo (mm).

### **Coeficiente de uniformidad.**

Relación en la que muestran la analogía entre los diámetros de los tamices por donde son pasantes más del 60% del suelo entre el 10% del total del peso del espécimen en análisis por ello si este coeficiente resulta menos a 2 a un suelo uniforme y si es menor a 5 se toma como suelo uniforme (Bañón Blázquez & Beviá García 2010, p.8).

$$C_u = D_{60} / D_{10} \dots (2)$$

### **Índice de grupo:**

Utilizado usualmente por el sistema AASHTO para clasificación de suelos, basado en los límites de Atterberg (Braja M 2001).

Además, se indica un valor sobre la disposición del material del suelo válido para subrasante de vías, a este dígito se le conoce como índice de grupo (IG). (Braja M 2001, p.80).

Se determina el índice de grupo (IG) con la fórmula:

$$IG = (F - 35) ((0.2 + 0.005 (LL - 40)) + 0.01 (F - 15) (IP - 10)) \dots (3)$$

Dónde:

F = Porcentaje que pasa la malla N°200.

Este IG es un valor numérico positivo, comprendido entre el 0 y 20 a más. Si sale negativo, se toma como 0. Un IG cero es un buen suelo un IG semejante o mayor a 20 es un suelo que no se debe utilizar en vías de transporte. En consecuencia, el desenvolvimiento de un suelo es inversamente proporcional a su IG; el IG es un factor decisivo al momento de clasificar un suelo con la metodología AASHTO, procedimiento utilizado para clasificación de suelos en autopistas (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013 p.38)

Tabla 3. Clasificación de suelos según Índice de grupo.

| Índice de Grupo     | Suelo de Subrasante |
|---------------------|---------------------|
| IG > 9              | Muy Pobre           |
| IG está entre 4 a 9 | Pobre               |
| IG está entre 2 a 4 | Regular             |
| IG está entre 1 – 2 | Bueno               |
| IG está entre 0 – 1 | Muy Bueno           |

Fuente: MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013



### **La plasticidad.**

Es la diferencia de porcentaje para el límite líquido y el límite plástico. El índice de plasticidad constituye el intervalo de humedad en que una parte de suelo fino está en etapa plástica (Braja M 2001). los límites de Atterberg Son:

### **El límite líquido.**

Definición mediante el cual el contenido de humedad se expresa porcentualmente a la correspondencia del peso seco al horno con la muestra realizado a través del ensayo de Casagrande, que consiste en conocer cuánta agua es la mínima para una parte de suelo que pasa la maya N°40; Casagrande (1932) nos dice que un golpe en el recipiente estándar para L.L le pertenecer una resistencia al corte aproximado de 1 g/cm<sup>2</sup>; por ello L.L de suelo fino, suministra la cantidad de agua necesaria con lo que la resistencia al corte del suelo es alrededor de de 25 g/cm<sup>2</sup>. El L.L, se toma para el valor de la humedad, en el que la unión de partículas resulta alrededor de 2 kpa”.

Figura 2. Cuchara Casagrande para determinar el límite líquido de un suelo



Fuente: Elaboración propia.

### **El límite plástico.**

Cantidad de humedad que se expresa en porcentualmente en relación al peso seco del espécimen, para establecer el L.P, a la que se le quita la humedad mezclando hasta obtener una mezcla trabajable para formar bolitas. Luego en una placa de vidrio aplicando cierta presión se forman rollitos alargados de 3.2mm de diámetro hasta desmoronarlo, el L.P es el límite anterior a la etapa plástica del suelo (Braja M 2001).

Denominamos índice de plasticidad (I.P) a la resta de él L.L y el L.P, que nos hace ver el margen donde está el estado plástico verificado por las pruebas. El L.L y el



L.P dependen del tipo y cantidad de arcilla, consecuentemente el I.P esta sujeto generalmente a la cantidad de arcilla de la muestra de tierra (MTC Manual de carreteras suelos geologia geotecnia y pavimentos 2013, p. 37)

$$IP = LL - LP \dots (4)$$

Una buena clasificación de suelo producirá una buena realización de I.P, por ello un índice alto indica un suelo arcilloso y lo contrario nos indica un suelo poco arcilloso.

Tabla 4. Clasificación de suelos por índice plástico.

| Índice de Plasticidad | Plasticidad      | Característica                     |
|-----------------------|------------------|------------------------------------|
| IP > 20               | Alta             | suelos muy arcillosos              |
| IP ≤ 20<br>IP > 7     | Media            | suelos arcillosos                  |
| IP < 7                | Baja             | suelos poco arcillosos plasticidad |
| IP = 0                | No Plástico (NP) | suelos exentos de arcilla          |

Fuente: MTC, Manual de carreteras suelos geologia geotecnia y pavimentos 2013.

Figura 3. Límites de Atterberg.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Ensayo de limite plástico en laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.

### Clasificación de los suelos.

Clasificar bien un suelo permite tener una idea veraz sobre el comportamiento del suelo para predecir su futuro comportamiento al usarlo en cimiento de estructuras para pavimentos (Bañón Blázquez & Beviá García 2010).

El establecer el comportamiento y características de un suelo permite evaluar junto con los resultados de compresión derivados de la granulometría, plasticidad y índice de grupo clasificar bien el suelo.

Figura 5. Columna de tamices para ensayo granulométrico



Fuente: Elaboración propia.

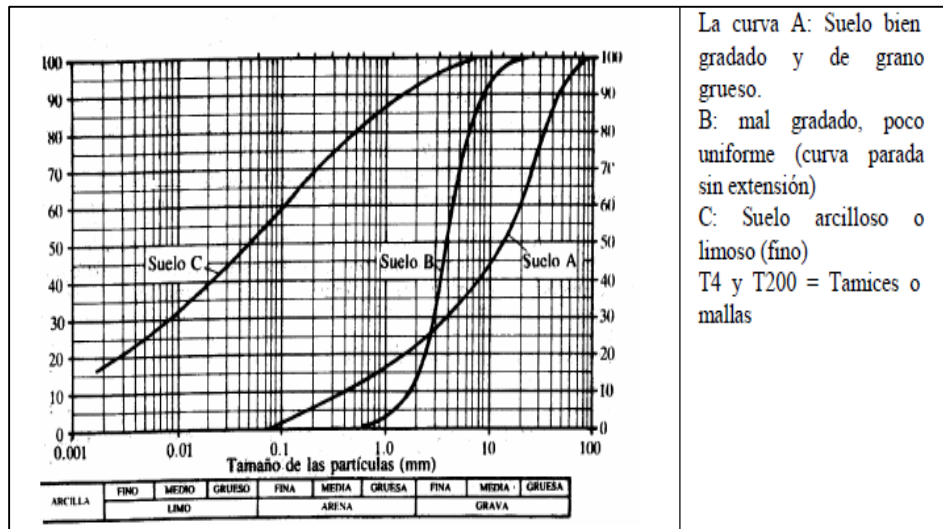
Tabla 5. Tamaños nominales de abertura

| Tamaños nominales de abertura |          |
|-------------------------------|----------|
| mm                            | ASTM     |
| 80                            | (3")     |
| 63                            | (2 ½")   |
| 50                            | (2")     |
| 40                            | (1 ½")   |
| 25                            | (1")     |
| 20                            | (¾")     |
| 12,5                          | (½")     |
| 10                            | (⅜")     |
| 6,3                           | (¼")     |
| 5                             | (N° 4)   |
| 2,5                           | (N° 8)   |
| 2,0                           | (N° 10)  |
| 1,25                          | (N° 16)  |
| 0,630                         | (N° 30)  |
| 0,315                         | (N° 50)  |
| 0,160                         | (N° 100) |
| 0,080                         | (N° 200) |

Fuente: ASTM E-11-61

La clasificación se debe realizar conforme al cuadro expuesto el que admite aproximar el comportamiento aproximado de los suelos que ayuda a ver los sectores semejantes desde un punto de vista geotécnico.

Figura 6. Curva granulométrica Fuente: Manual suelos y pavimentos



Fuente: Braja M 2001.

En la clasificación de suelos se pueden encontrar varios métodos como AASHTO USDA, ASTM y el FAA; en carreteras se utiliza el método AASHTO. Para la clasificación de suelos es necesario realizar ensayos en laboratorio de contenido de humedad, granulometría y límites de Atterberg indicando el símbolo de grupo del agrupamiento es describiendo el tipo de suelo (Bowles 1981, p.69).

Tabla 6. Clasificación de los suelos – Método AASHTO.

| Clasificación general                        | Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08mm |        |            |                                      |            |            |                   | Suelos finos más de 35% pasa po el tamiz de 0.08 mm |            |                  |                    |                    |
|--|---|--------|------------|--------------------------------------|------------|------------|-------------------|---|------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Grupo  | A1  |        | A3         | A2                                   |            |            |                   | A4  | A5         | A6               | A7                 |                    |
| Simbolo                                      | A1-a  | A1-b   |            | A2-4                                 | A2-5       | A2-6       | A2-7              |   |            |                  | A7-5               | A7-6               |
| Analisis granulométrico                      |   |        |            |                                      |            |            |                   |   |            |                  |                    |                    |
| %% que pasa por el tamiz                     |   |        |            |                                      |            |            |                   |   |            |                  |                    |                    |
| 2 mm   | máx.50  |        |            |                                      |            |            |                   |   |            |                  |                    |                    |
| 0.5 mm                                       | máx.30  | máx.50 | máx.50     |                                      |            |            |                   |   |            |                  |                    |                    |
| 0.08 mm                                      | máx.15  | máx.25 | máx.10     | máx.3<br>5                           | máx.3<br>5 | máx.3<br>5 | máx.3<br>5        | mín.3<br>5  | mín.3<br>5 | mín.3<br>5       | mín.35             | mín.35             |
| Limites Atterberg                            |   |        |            | máx.4<br>0                           | min.4<br>0 | máx.4<br>0 | min.4<br>0        | máx.4<br>0  | máx.4<br>0 | máx.4<br>0       | min.40             | min.40             |
| Límite de liquidez índice de plasticidad     | máx.6   | máx.6  |            | máx.1<br>0                           | máx.1<br>0 | min.1<br>0 | min.1<br>0        | máx.1<br>0  | máx.1<br>0 | min.1<br>0       | min.10<br>IP<LL-30 | min.10<br>IP<LL-30 |
| Índice de grupo                              | 0   | 0      | 0          | 0                                    | 0          | máx.4      | máx.4             | máx.8   | máx.1<br>2 | máx.1<br>6       | máx.20             | máx.20             |
| Tipo de material                             | Piedras, gravas y arena                                   |        | Arena Fina | Gravas y arenas limosas y arcillosas |            |            |                   | Suelos limosos                                      |            | Suelos arcilloso |                    |                    |
| Estimación general del suelo como subrasante | De excedente a bueno                                      |        |            |                                      |            |            | De pasable a malo |   |            |                  |                    |                    |

Fuente: AASHTO M145

## Ensayos CBR.

Capacidad de resistencia de la sub rasante definida como la carga que soporta un suelo sin que se deforme en exceso, el que se indica con las siglas CBR. Después que el suelo fue clasificado por el método AASHTO, el cual da la estratigrafía del suelo en cada sector estableciendo luego un cronograma de ensayos en las que se establecerá el CBR, al 95% de la MDS y a una penetración con carga de 1" (MTC, 2014, p.35).

Calcular la resistencia de un suelo a fuerza cortante permite evaluar la calidad de subrasante, sub base y base de pavimentos la cual se realiza en condiciones inspeccionadas de humedad y densidad.

Figura 7. Expresión detallada al método de CBR.

$$C.B.R. = 100 \times \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Medidas de penetración y presión en el vástago en el suelo.

| Penetración |      | Presión en el vástago |                      |
|-------------|------|-----------------------|----------------------|
| cm          | pulg | kg/cm <sup>2</sup>    | lb/pulg <sup>2</sup> |
| 0.25        | 0.1  | 70                    | 1,000                |
| 0.50        | 0.2  | 105                   | 1,500                |
| 0.75        | 0.3  | 133                   | 1,900                |
| 1.00        | 0.4  | 161                   | 2,300                |
| 1.25        | 0.5  | 182                   | 2,600                |

Fuente: ASTM D 1883.

Tabla 8. Clasificación de subrasante.

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

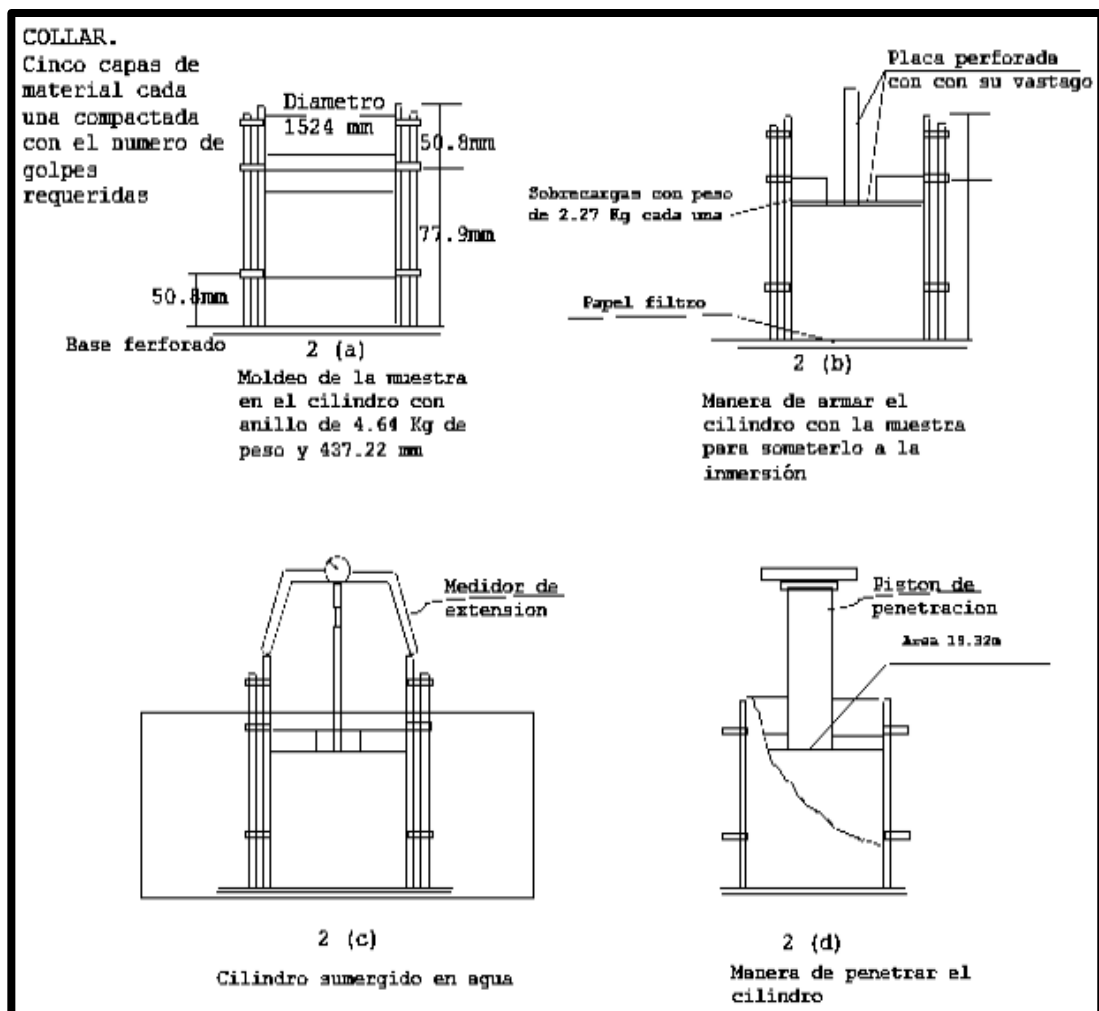
Fuente: MTC, 2013.

Figura 8. Molde y trípode de CBR.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Determinación del valor de CBR en laboratorio.



Fuente: ASTM D1883.

## Ensayo Proctor modificado

La compactación es uno de los importantes factores para que un suelo logre la óptima resistencia, en los cuales también se tiene en cuenta la densidad y humedad. Además, el ensayo proctor permite una mejor compactación a una energía dada.

Según (Villaroel C 2016) afirma que la compactación es el proceso que se realiza manejando medios mecánicos, donde las partículas del suelo son forzadas a mantenerse en unión por medio de la exclusión de oxígeno, cambiando el volumen de la masa del suelo, involucrando una reducción rápida de los huecos. El cambio fundamental es el volumen del aire.

Tabla 9. Resumen ensayo Proctor Estándar y Modificado.

| TIPO DE ENSAYO                       | PROCTOR ESTÁNDAR ASTM D698 - 91(98)   |   |   | PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557 - 91(98) |   |   |
|--------------------------------------|---|---|---|--|---|---|
|                                      | A   | B   | C   | A                                      | B   | C   |
| METODO                               |   |   |   |  |   |   |
| CONDICIONES PARA ELECCION DEL METODO | % RET. ACUM. N° 4 <= 20%  | % RET. ACUM. N° 3/8 <= 20%<br>% RET. ACUM. N° 4 > 20% | % RET. ACUM. N° 3/4 <= 30%<br>% RET. ACUM. N° 3/8 > 20% | % RET. ACUM. N° 4 <= 20%               | % RET. ACUM. N° 3/8 <= 20%<br>% RET. ACUM. N° 4 > 20% | % RET. ACUM. N° 3/4 <= 30%<br>% RET. ACUM. N° 3/8 > 20% |
| TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE        | Tamiz por la malla N° 4   | Tamiz por la malla N° 3/8                             | Tamiz por la malla N° 3/4                               | Tamiz por la malla N° 4                | Tamiz por la malla N° 3/8                             | Tamiz por la malla N° 3/4                               |
| N° DE CAPAS (n)                      | 3   | 3   | 3   | 5                                      | 5   | 5   |
| N° DE GOLPES (N)                     | 25  | 25  | 56  | 25                                     | 25  | 56  |
| DIAMETRO DEL MOLDE (cm)              | 10.16 (+/-)0.04   | 10.16 (+/-)0.04                                       | 15.24 (+/-)0.07   | 10.16 (+/-)0.04                        | 10.16 (+/-)0.04                                       | 15.24 (+/-)0.07   |
| ALTURA DEL MOLDE (cm)                | 11.64(+/-)0.05  | 11.64(+/-)0.05  | 11.64(+/-)0.05  | 11.64(+/-)0.05                         | 11.64(+/-)0.05  | 11.64(+/-)0.05  |
| VOLUMEN DEL MOLDE (V) (cc)           | 944(+/-)14  | 944(+/-)14  | 2124(+/-)25   | 944(+/-)14                             | 944(+/-)14  | 2124(+/-)25   |
| PESO DEL MARTILLO (W) (kg)           | 2.5(+/-)0.01  | 2.5(+/-)0.01  | 2.5(+/-)0.01  | 4.54(+/-)0.01                          | 4.54(+/-)0.01   | 4.54(+/-)0.01   |
| ALTURA CAIDA DEL MARTILLO (h) (cm)   | 30.48(+/-)0.13  | 30.48(+/-)0.13  | 30.48(+/-)0.13  | 45.72(+/-)0.16                         | 45.72(+/-)0.16  | 45.72(+/-)0.16  |
| DIAMETRO DEL MARTILLO (cm)           | 5.080(+/-)0.025   | 5.080(+/-)0.025                                       | 5.080(+/-)0.025   | 5.080(+/-)0.025                        | 5.080(+/-)0.025                                       | 5.080(+/-)0.025   |
| ENERGIA ESPECIFICA DE COMPACTACION   | 6.054   | 6.054   | 6.054   | 6.027                                  | 27.485  | 27.485  |
| <b>OBSERVACIONES:</b>                | CORREGIR EL OPTIMO DE HUMEDAD Y LA MAXIMA DENSIDAD SECA OBTENIDA, UTILIZANDO EL METODO ASTM D4718           |   |   |  |   |   |
| <b>NOTA:</b>                         | CUANDO MAS DEL 5% DE LA MUESTRA TOTAL ES RETENIDO SOBRE LA MALLA N° 4, SE HARA LA CORRECCION POR ESTA NORMA |   |   |  |   |   |

Fuente: ASTM D698 y ASTM D1557, 2018.



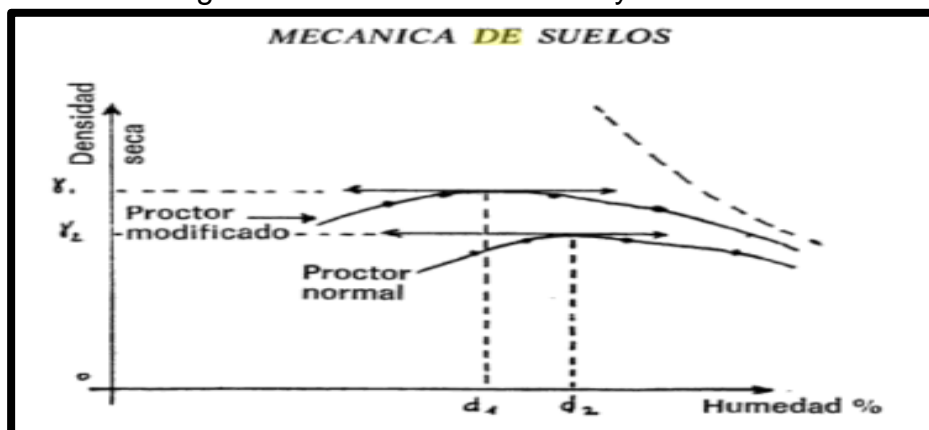
[...] “Las pruebas Proctor Estándar y el P. Modificado están hechas para suelos diferentes. El límite de la curva de compactación proctor estándar oscila entre el 85 y el 97% del máximo correspondiente a la prueba modificada; el factor del suelo es el principal para precisar la relación entre ambas pruebas. Asimismo, es importante el acercamiento que ocurre entre los resultados en las dos pruebas en materiales granulares” (Del Castillo 2005, p.197).

Tabla 10. Método de Proctor a utilizar.

| Descripción              | Método A  | Método B  | Método C  |
|--------------------------|---|---|---|
| Diámetro de molde        | 4" (1016 mm)  | 4" (1016 mm)  | 6" (152.4 mm)   |
| Volumen de Molde         | 0.033p3 (944 cm3)   | 0.033p3 (944 cm3)   | (2124 cm3)  |
| Peso de Pisón            | 10 lb (4.45 kg)   | 10 lb (4.45 kg)   | 10 lb (4.45 kg)   |
| Altura de Caída de pisón | 18 plg (304.8 mm)   | 18 plg (304.8 mm)   | 18 plg (304.8 mm)   |
| Numero de golpe/ capa    | 25  | 25  | 56  |
| Numero de capa           | 5   | 5   | 5   |
| Energía de compactación  | 56.000 pie lb/p3  | 56.000 pie lb/p3  | 56.000 pie lb/p3  |
| Compactación             | 2700 KN-m/m3  | 2700 KN-m/m3  | 2700 KN-m/m3  |
| Suelo por usarse         | porción que pasa la malla N°4 se usa, si el 20% o menos por peso de material es retenida por la malla N°4 | porción que pasa la malla 3/4" se usa, si el suelo retenido en la malla N°4 es más de 20% y el 20% o menos por peso de material es retenido en la malla de 3/8" | porción que pasa la malla 3/4" se usa, si más de 20%, por eso de material es de retenido en la malla de 3/8" y menos de 30%, por peso es retenido en la malla de 3/4" |

Fuente: ASTM D 1557.

Figura 10. Resultados del Ensayo Proctor.



Fuente: ASTM D 1557.

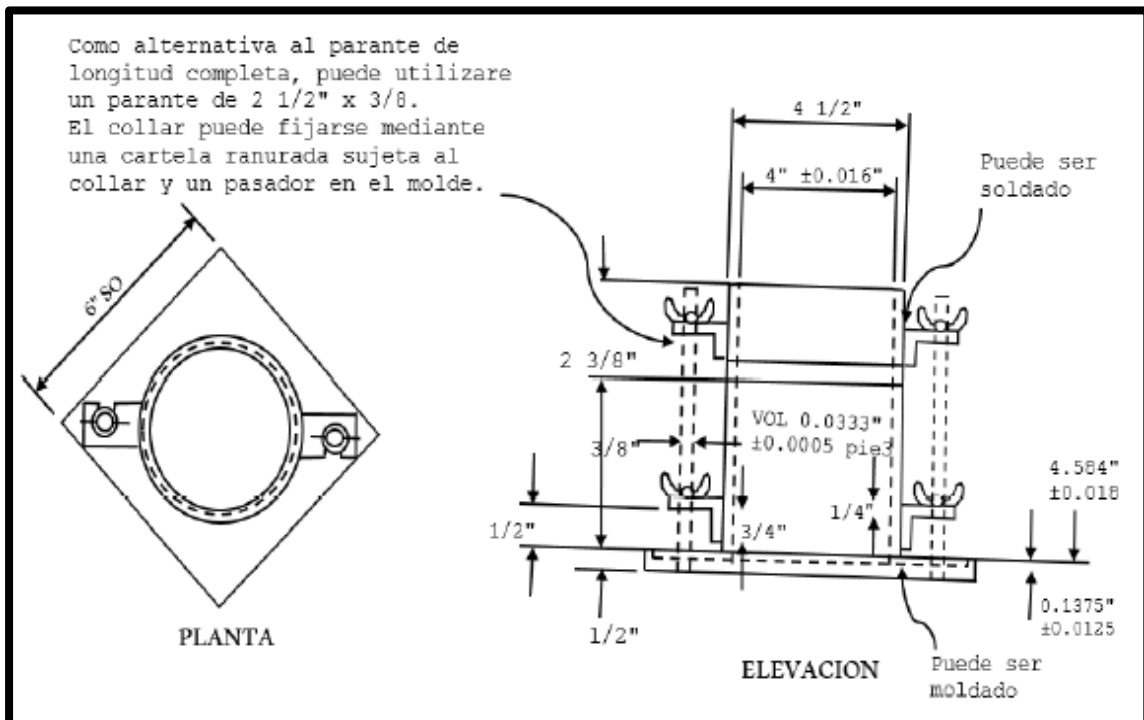


Figura 11. Equipo para ensayo Proctor.



Fuente: ASTM D 1557.

Figura 12. Molde Proctor.



Fuente: ASTM D 1557.

## **Polímeros.**

Sustancia que contiene gran cantidad de moléculas que se repiten denominado monómeros la cantidad de estos que se repiten en una molécula determina el nivel de polimerización del mismo. Las sustancias orgánicas que se encuentran en la materia viva son polímeros, como por ejemplo la madera, las albúminas, la quitina cucho, resinas, plásticos, adhesivos, mayólica y vidrio (Beltran Rico & Mancilla Gomis 2012).

El polímero no se revierte, porque viene del petróleo que procesado con antimonio se consigue el PET en diminutas partículas, la degradación de este material demora 700 años (Hayden K et al. 2013).

Por su origen los catalogan en sintéticos que contienen de uno a tres ejemplos de unidades repetitivas, y los polímeros naturales como el ADN, celulosa, o proteínas, son estructuras complejas (Beltran Rico & Mancilla Gomis 2012).

## **Identificación de los envases.**

Los envases fabricados de polímeros pertenecientes a productos de todo tipo dependen de su proceso de fabricación con distintos tipos de materias primas usadas para su fabricación según el uso al que son destinados para lo cual se creó un código de seguridad para el uso de los mismos, con la finalidad de clasificar cada tipo de polímero por ello existen 7 grupos de recipientes como:

- Polietileno baja densidad (PEBD)
- Polietileno alta densidad (PEAD)
- Policloruro vinilo (PVC)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)
- Polietileno tereftalato (PET) y Otros

Figura 13. Tipos de polímeros identificados para ser reciclados

|   |  |   |
|---|--|---|
|    | <b>PET - Tereftalato de polietileno</b><br>Botellas de bebidas, agua, salsas y condimentos, envases de aceite, cosméticos y medicamentos.  |    |
|    | <b>PEAD - Polietileno de alta densidad</b><br>Bolsas de compras, tuberías para agua, baldes, botellas de lácteos, botellas de shampoo, suavizantes y detergentes.  |    |
|    | <b>PVC - Policloruro de vinilo</b><br>Tarjetas bancarias, lonas y carteles publicitarios, calzado deportivo, suelas de todo tipo de calzado, envoltura para golosinas, cables, hules y artículos para oficina, botellas. |    |
|    | <b>PEBD - Polietileno de baja densidad</b><br>Bolsas para alimentos congelados, bolsas de compras, sacos industriales, cubetas para hielo, bolsas para suero y tapas flexibles.  |    |
|   | <b>PP - Polipropileno</b><br>Vajilla reusable para microondas, elementos de cocina, contenedores para yogurt, mamilas, tapas en general, vasos no desechables y hieleras.  |   |
|  | <b>PS - Poliestireno</b><br>Cajas para huevos, tazas, platos, bandejas y cubiertos desechables, envases de helado, ganchos para ropa, peines, cepillos y bolígrafos.   |  |
|  | <b>OTROS -</b> Discos compactos, gabinetes de aparatos electrónicos, lentes de sol y recetados, lámparas para automóviles, teléfonos y juguetes. Policarbonatos, empleados en garrafas y biberones.                      |  |

Ffuente: Greenpeace 2021

### Plástico.

Los plásticos se caracterizan por tener una relación fuerte entre su resistencia y densidad, ese material es perfecto para aislarse del frío o calor y también aislador eléctrico tiene soporte a los ácidos. Su composición molecular puede ser lineal, ramificada o entrecruzada sujeta al tipo de plástico. Los de molécula lineal y ramificada se suavizan al estar expuesto al calor y las entrecruzadas son endurecibles al estar exhibidas al calor, la gran mayoría de este tipo de plástico no son contaminantes pero su descomposición tarda mucho tiempo, los plásticos no se oxidan (Muños Perez 2012).

## **EI PET**

El PET (Tereftalato de Polietileno). Está inactivado en la naturaleza, está registrado como; polímero termoplástico lineal cristalino para fibra por J.R. Whinfield y J.T. Dickson durante la II Guerra Mundial en 1941 para reemplazar el material que utilizaban en la industria textil como el algodón con la fibra de poliéster. En la década del 80, se empieza a usar el PET en México para fabricar envases desde ese momento su empleo fue en aumento hasta nuestros días. Es una materia empleada para fabricar botellas, envases, empaquetaduras y plásticos transparentes, este material beneficia a los acopiadores y compradores ya que en el mercado se recupera el 13% de todo el PET utilizado (Sherwell Betancourt 2014, p. 19,20).

Los distintivos más notables del PET son:

- ✓ Alto grado de translucides.
- ✓ Liviano, su peso es considerablemente menor al producto que contiene.
- ✓ Alto grado de deslizamiento.
- ✓ Gran resistencia a los químicos y buena propiedad térmica.
- ✓ Baja toxicidad, liberan antimonio (Sb) en límites aceptados por OMS (20 µg/L).
- ✓ Es una defensa al CO<sub>2</sub>, también al O<sub>2</sub> y la humedad.
- ✓ Es Reciclable.
- ✓ Estable a la intemperie.
- ✓ Resiste el doblado, absorbe poca humedad, recomendado para fibras.
- ✓ Biodegradación lenta.
- ✓ Gran soporte frente al deterioro, esfuerzos permanentes y temporales.

Son diversas las alternativas de reutilización del PET, los cuales parten del reciclado manual, químico entre otros. Hoy el reciclado mediante el método mecánico es el más usado para este tipo de material el cual consiste en triturarlo, lavarlo y obtener un producto final. (Sherwell Betancourt 2014, p.21,22) Se puede degradar el PET mediante procesos químicos el que da un reusó al PET. Su degradación por medios naturales es de 50 años (Sherwell Betancourt 2014, p.22) su degradación se da por:

### **Químicos.**

- A través de fluido supercrítico.
- Poli estireno disuelto en petroquímicas.
- Hidro craqueo.
- Hidrólisis alcalina.

## Naturales

- Foto degradación.
- Termo-oxidación.
- Biodegradación a través de microorganismos.

Este estudio nace con el objetivo de disminuir la contaminación del medio ambiente que está causando este tipo de desperdicios, cuando no se tratan como elementos reciclables.

Figura 14. Símbolo para reciclaje de PET, y su reciclaje en costales.



Fuente: Elaboración propia.

El acopio de PET tipo 1 tiene una marca en la parte inferior de las botellas como se ve en la figura 5 que incumbe al PET (Tereftalato de Polietileno).

### **Producción del PET, lavado y secado.**

La recolección del PET las botellas de todas formas siempre se encuentran sucias ya que contienen diversos productos para lo cual las botellas son trituradas y luego lavadas para finalmente ser ventiladas al aire libre para que se sequen; una vez el material se encuentra seco ya está listo para ser tamizado en las mallas de 1/2", 3/8", N°4 y N°200. Se tamiza el PET para obtener buenos resultados al momento de hacer las pruebas para obtener buenos resultados haciendo estas consideraciones el valor de CBR será el más óptimo con una de los tamaños que se emplee en porcentaje a la muestra de suelo donde sea agregado.

Figura 15. PET triturado.



Fuente: Elaboración propia.

### **Costo del PET.**

El costo de reciclaje de PET tiene un bajo coste, teniendo que en el medio de estudio que el kilogramo de frascos descartados reciclados mecánicamente es de S/0.30 nuevos soles y el precio de la trituración de manera industrial es de S/0.50 por kilogramo.

### **El PET y el medio ambiente.**

El reciclaje hoy en día es de vital importancia ya que reduce la contaminación ambiental además que involucra a todos los ámbitos de nuestra sociedad en general.

Hoy en día se producen 300 millones de toneladas de desecho plástico en todo el planeta esto se da por año. El Perú solo recicla el 2% de todos sus residuos plásticos, cada peruano produce 350 kg de basura al año lo cual haciendo las cuentas resulta en 19000 toneladas de residuos plásticos a nivel de todo el Perú (Ministerio del Ambiente Perú, Ruiz Ostoic 2019).

El gasto general del PET se calculado en 12 millones de toneladas que corresponde a un incremento anual del 6% lo cual no sería un problema ya que tan solo el 20% de PET es reciclado en el mundo lo que queda termina en botaderos y rellenos sanitarios (Web: Greenpeace 2021)

### **Vidrio**

El vidrio está conformado por sílice con potasa o soda y otras sustancias más, se fabrica en grandes hornos, el vidrio es completamente reciclable su principal componente es la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el sodio que facilita su fusión y el calcio que le da estabilidad química. El vidrio más comúnmente usado es el vidrio sódico empleado en vidrios planos, botellas, frascos entre otros. Su composición es de 43% de arena formada por la meteorización.

Figura 16. Utensilios de vidrio sódico.



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 11. Propiedades del vidrio

| ITEM | PROPIEDAD                   | VALOR                  |
|------|-----------------------------|------------------------|
| 1    | Gravedad específica         | 2.62                   |
| 2    | Resistencia a la compresión | 860-1020Mpa            |
| 3    | Dureza                      | 5.3 Dureza mohs        |
| 4    | Densidad                    | 2.45 g/cm <sup>3</sup> |
| 5    | Resistencia a la Flexión    | 52 Mpa                 |
| 6    | Punto de ablandamiento      | 950°C                  |

Fuente: Elaboración propia

Las ventajas más notables del vidrio según Freire Alvear (2018) son:

- El vidrio no se oxida.
- Es impermeable.
- Resiste altas temperaturas.
- Es reciclable.

Freire Alvear (2018) Son diversas las alternativas de reutilización del vidrio, los cuales parten del reciclado manual. El vidrio es reciclable al 100% esto ayuda a reducir el consumo de energía hasta un 30 a 40%.

#### **Producción del vidrio.**

La recolección del vidrio las botellas de diferentes formas como las de cerveza, gaseosas, vino, entre otros. siempre se encuentran sucias ya que contienen diversos productos para lo cual se realiza un lavado, luego las botellas son trituradas mecánicamente con un mazo de 4 kilos.

- Primero se rompe las botellas dentro de costales golpeándolas contra el piso poniendo un máximo de 2 botellas.
- Se realiza un segundo golpeado para obtener partículas más finas.
- Una vez el material se encuentra triturado se tamiza en las mallas de N°4 y N°40.

#### **Costo del vidrio.**

El costo de reciclaje de vidrio tiene un bajo coste, teniendo que en el medio de estudio que el kilogramo de botellas de vidrio reciclados mecánicamente es de S/0.50 nuevos soles el kilo.

#### **El vidrio y el medio ambiente.**

El reciclaje hoy en día es de vital importancia ya que reduce la contaminación ambiental además que involucra a todos los ámbitos de nuestra sociedad en general. Los residuos producidos reciclados por la industria peruana es 852,000 toneladas anuales del cual el 5% es vidrio (Ministerio del Ambiente Perú, Ruiz Ostoic 2019).

### **Estabilización físico mecánica de suelos.**

El manual de carreteras en su apartado de suelos establece que el estabilizar un suelo para la mejora del mismo sin perturbar su composición estructural inicial a través de una energía de compactación que reduce el contenido de vacíos en su interior (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013, p.113).

### **Estabilización por mezcla de suelos.**

El MTC indica que el objeto de la mezcla del suelo para estabilizarlo se realiza con materiales de prestación u otros, para suplir la falta de gravas y arenas, para lo cual se realiza un escarificado al suelo existente haciéndolo a una profundidad de 15cm añadiendo el material de préstamo los cuales tienen que ser aireados hasta obtener la humedad óptima para su compactación, se debe tener en cuenta que se debe eliminar las partículas mayores a 75mm, si los hubiera, para luego mezclarlos los dos materiales y proceder a compactar cumpliendo requerimientos de densidad de campo y grosores de suelo natural establecidos por el proyecto (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013, p.113).

### **Estabilización por reemplazo de los suelos.**

Previa inspección se determina la ejecución de la subrasante mejorada agregando un material para lo cual hay dos opciones que el estrato mejorado descansa directamente sobre el suelo natural o excavarlo anticipadamente y se sustituya por el material que agregaremos. La primera opción se debe escarificar, conformar y compactar a una profundidad de 1.50 m con densidad determinada para obras de terraplén. Cuando ya se fija la tierra que soportará la carga se procede a colocar el material que agregaremos en capas regulares que certifiquen un nivel de subrasante apropiado compactado por equipo especializado en el trabajo. Este tipo de materiales se tiene que humedecer y compactar para posteriormente realizar su densificación. La opción dos es que se debe mejorar el suelo con material totalmente traído de otro lugar, si se necesita se remueve todo el suelo natural existente según el grosor de reemplazo (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013, p.113).



Tabla 12. Guía de referencia para seleccionar el tipo de estabilizador

| Área  | Clase de suelo                                     | Tipo de Estabilizador Recomendado | Restricción en LL<br>e IP del suelo                                    | Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200 | Observaciones  |
|---|--|-----------------------------------|--|--|--|
| 1 A   | SW o SP  | (1) Asfalto                       |  |  |  |
|   |  | (2) Cemento Portland              |  |  |  |
|   |  | (3) Cal-Cemento-Cenizas volantes  | IP no excede de 25   |  |  |
| 1 B   | SW - SM o<br>SP - SM o<br>SW - SC o<br>SP - PC     | (1) Asfalto                       | IP no excede de 10   |  |  |
|   |  | (2) Cemento Portland              | IP no excede de 30   |  |  |
|   |  | (3) Cal                           | IP no menor de 12  |  |  |
|   |  | (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes  | IP no excede de 25   |  |  |
| 1 C   | SM o<br>SC o<br>SM-SC                              | (1) Asfalto                       | IP no excede de 10   | No debe exceder el 30% en peso                     |  |
|   |  | (2) Cemento Portland              | (b)  |  |  |
|   |  | (3) Cal                           | IP no menor de 12  |  |  |
|   |  | (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes  | IP no excede de 25   |  |  |
| 2 A   | GW o GP  | (1) Asfalto                       |  |  | Solamente material bien graduado.  |
|   |  | (2) Cemento Portland              |  |  | El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.                                     |
|   |  | (3) Cal-Cemento-Cenizas volantes  | IP no excede de 25   |  |  |
| 2 B   | GW - GM o<br>GP - GM o<br>GW - GC o<br>GP-GC       | (1) Asfalto                       | IP no excede de 10   |  | Solamente material bien graduado.  |
|   |  | (2) Cemento Portland              | IP no excede de 30   |  | El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.                                     |
|   |  | (3) Cal                           | IP no menor de 12  |  |  |
|   |  | (4) Cal-Cemento-Cenizas volantes  | IP no excede de 25   |  |  |
| 2 C   | GM o<br>GC o<br>GM - GC                            | (1) Asfalto                       | IP no excede de 10   | No debe exceder el 30% en peso                     | Solamente material bien graduado.  |
|   |  | (2) Cemento Portland              | (b)  |  | El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.                                     |
|   |  | (3) Cal                           | IP no menor de 12  |  |  |
|   |  | (4) Cal-Cemento-Ceniza            | IP no excede de 25   |  |  |
| 3   | CH o<br>CL o<br>MH o<br>ML o OH o<br>OL o<br>ML-CL | (1) Cemento Portland              | LL no menor de 40<br>IP no menor de 20                                 |  | Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios |
|   |  | (2) Cal                           | IP no menor de 12  |  |  |
| IP = Índice Plástico<br>(b) $IP > 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la Malla N° 200}) / 4$ |  |                                   | Sin restricción u observación<br>No es necesario aditivo estabilizador | Fuente: US Army Corps of Engineers                 |  |

Fuente: (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013).

Tabla 13. Guía de selección de tipo de estabilizador

| Zona  | Materiales o suelos predominantes   | Estabilizador de suelos aplicable   |
|---|---|---|
| COSTA (Altitud: hasta 500 msnm)                             | Suelos granulares, de nula a baja plasticidad (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5)                                     | Salas, cemento Portland, ceniza volcánica, puzolana, emulsión asfáltica, productos químicos (aceites sulfonatos, ionizadores, polímeros, enzimas, Sistemas, etc.) |
| SIERRA (Altitud: entre 500 y 4800 msnm)                     | Suelos granulares, de nula a plasticidad media (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5)                                    | Cemento portland, ceniza volcánica, puzolana, emulsión asfáltica, productos químicos (aceites sulfonatos, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)        |
| CEJA DE SELVA Y SELVA ALTA (Altitud: entre 400 y 1000 msnm) | Suelos granulares, de nula a plasticidad alta (Clasificación AASHTO: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7)                           | Cemento portland, ceniza volcánica, puzolana, emulsión asfáltica, cal, productos químicos (aceites sulfonatos, ionizadores, polímeros, enzimas, Sistemas, etc.)   |
| SELVA BAJA (Altitud: MENOR A 400 msnm)                      | Suelos limo arcillosos, arcillas, arcillas arenosas y arenas predominantemente finas (Clasificación AASHTO: A-2-4, A-3, A-6, A-7) | Cemento portland, ceniza volcánica, puzolana, emulsión asfáltica, cal, productos químicos (aceites sulfonatos, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)   |

Fuente: (MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013).

Tabla 14. Número de Calicatas para la exploración de los suelos.

| TIPO DE CARRETERA   | PROFUNDIDAD (M)                                      | NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS  | OBSERVACIÓN  |
|---|--|---|--|
| Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles                          | 1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul> | Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada |
| Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles | 1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul> |  |
| Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles                         | 1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas x km.</li> </ul>   |  |
| Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles                          | 1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 calicatas x km.</li> </ul>   |  |
| Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles                           | 1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 calicatas x km.</li> </ul>   |  |
| Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada  | 1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 calicata x km.</li> </ul>  |  |

Fuente: MTC, Manual de carreteras suelos geología geotecnia y pavimentos 2013

### **III. METODOLOGÍA**

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación:

La investigación será de **tipo aplicada** debido a que parte de los antecedentes que se realizaron en otras investigaciones. Al respecto (Guillen Valle & Valderrama Mendoza 2013) sostiene que la investigación aplicada requiere un marco, es decir, seleccionar teorías los cuales exponen definiciones centrales y sus rasgos contextuales de acuerdo al problema identificado.

Está basado en un **diseño experimental** ya que se está manipulando una de las variables, en esta investigación se asignan porcentajes de incorporación de vidrio y PET a las futuras muestras de la variable independiente. (Borja S 2016) sostiene que un diseño experimental implanta relaciones de causa y efecto, así mismo descubre, comprueba, niega o confirma teorías.

Además, manifiesta de un diseño **cuasiexperimental**, que es derivado del diseño experimental, ya que el investigador definirá el lugar de donde se extraerá la muestra a evaluar. Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Bapista Lucio 2014) señalan que “los diseños cuasiexperimentales consisten en manipular una variable independiente con el fin de observar el resultado que representa sobre las variables dependientes” (p. 184).

Es de **nivel explicativo** debido a que va a establecer a través de resultados el mejoramiento de la subrasante tras la incorporación de vidrio en polvo y PET de manera independiente, y se explicarán detallado los procedimientos empleados. Al respecto (Rodríguez Moguel 2005) señala que “implica averiguar las causas de las cosas y hechos de la realidad, respondiendo preguntas fundamentales con la finalidad de conocer el porqué de los sucesos” (p. 35).

Es de **enfoque cuantitativo** ya que parte de una hipótesis cuyo resultado será personificado numéricamente, es decir, en cuanto mejorará la plasticidad, compactación y resistencia de la subrasante. Por otro lado, (Bernal Torres 2010) mencionan que está relacionado con la cantidad utiliza principalmente las mediciones y cálculos.

### **3.2 Variables y operacionalización:**

#### **Variable independiente:**

Vidrio y P.E.T.

#### **Variable dependiente:**

Estabilización de la subrasante

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población:**

Según (Hernández Sampieri et al. 2014) sostienen que la población se constituye por una totalidad de elementos que conforman el ámbito de la investigación

La población del proyecto de investigación está conformada por todas las subrasantes del distrito de Quinoa, Ayacucho.

#### **Muestra:**

Al respecto (Kerlinger 1979) sostiene la muestra es una representación de la población, que es seleccionada con la finalidad de estudiar las características de una población total” (p. 56).

La muestra está conformada por todas las subrasantes del Jr. 9 de diciembre, Quinoa - Ayacucho, 2021. Los cuales se ejecutarán 1 calicatas de 1.50m de profundidad a cada 50m, y una vez obtenida la muestra, se procederá a realizar los ensayos explicados anteriormente.

#### **Muestreo:**

Según (Kerlinger 1979) señala que “el muestreo se define como la técnica mediante el cual se calcula la muestra de la población” (p. 57).

El muestreo será de tipo **no probabilístico** debido a que la muestra está delimitada por el investigador, es decir, no se escogió casualmente. Se eligió la zona más afectada para la obtención de las muestras.

### **3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

(Sabino 1992) sostiene que se entiende como la actividad que implica la investigación, son llamados también métodos o como el instrumento que se aplicará a la investigación.

La técnica aplicada en el proyecto de investigación será la **observación**, debido a que es el método más confiable que acerca a la verdad. Según (Sabino 1992) señala que la observación nos permite tener conocimiento del mundo cotidiano y evadir sus peligros y solventar sus necesidades.

**Instrumento de recolección de datos.** En cada variable se usarán diversos instrumentos, como ensayos efectuados en laboratorio con el fin de lograr resultados confiables en cuanto a los diferentes ensayos mencionados anteriormente para poder determinar el comportamiento del vidrio en polvo y el PET, en la estabilización de subrasante del Jr. 9 de diciembre cuadra 10. Según (Hernández Sampieri et al. 2014) señala que los instrumentos son considerado como apoyo de la técnica con la finalidad de que cumpla con su propósito.

**Validez.** El proyecto de investigación será validado por el juicio de especialistas en el área de la Ingeniería Civil, que consistirá en validar los instrumentos que se aplicarán en el desarrollo de los ensayos de laboratorio, y a través de la obtención de firmas de especialistas en el tema se dará mayor seguridad a los instrumentos propuestos.

**Confiabilidad.** En el proyecto de investigación, la relación de confiabilidad con la calibración de los equipos empleados en los ensayos de laboratorio, es importante para garantizar que los resultados conseguidos en los ensayos reflejen exactitud y por lo tanto confiabilidad.

### **3.5. Procedimientos**

Para el terreno en estado natural, se tomará una muestra por cada calicata que se va a ejecutar en el proyecto, con el fin de establecer el contenido de humedad de la muestra, análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg y posterior a ello se resultará a clasificar el suelo por los métodos SUCS y AASHTO. Seguidamente se realizará la compactación del suelo con un arranque modificado (Proctor Modificado) para determinar los valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad y finalmente se realizará el ensayo del CBR para determinar el porcentaje del índice de resistencia del suelo en estado natural. Por otro lado se tendrá el terreno tratado, que consistirá en la incorporación del vidrio en polvo y PET independientemente a la muestra, se comenzará realizando los límites de Atterberg para determinar de qué manera afectará la plasticidad del suelo, seguidamente se realizará la compactación del suelo con una energía modificada (Proctor Modificado) con la incorporación de las diferentes dosificaciones del vidrio en polvo (0.5%, 1% y 1.5%) y PET (0.5%, 1% y 1.5%) con el fin de calcular los nuevos valores de la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad. Finalmente, se calculará el CBR del terreno tratado con la

incorporación de las diferentes dosificaciones del vidrio en polvo (0.5%, 1% y 1.5%) y PET (0.5%, 1% y 1.5%) para determinar el índice de resistencia del terreno tratado.

### **3.6. Método de análisis de datos.**

En la actual investigación se realizarán los ensayos de contenido de humedad de un suelo, análisis granulométrico de suelos por tamizado, límite líquido de los suelos (LL), límite plástico de los suelos (LP) e índice de plasticidad (IP), Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) y finalmente el ensayo de CBR de los suelos (laboratorio). A continuación, se detallará como se llevará a cabo cada ensayo de manera sintetizada siguiendo rigurosamente el Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### **3.7. Aspectos éticos**

El proyecto está realizado con mucha transparencia, compromiso, responsabilidad y sobre todo respeto por los antecedentes, citándose de manera adecuada ya que sirvieron como principal fuente de información. Por otro lado, el presente proyecto se elaboró guiándome del Manual de Ensayos de Materiales 2016 establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el fin de obtener resultados confiables durante el desarrollo de los diferentes ensayos propuestos.



## **IV. RESULTADOS**

#### **IV. RESULTADOS**

##### **Ubicación geográfica**

##### **Nombre del proyecto:**

La presente tesis tiene por título “Estabilización de suelo arcilloso con vidrio y PET, en el Jr. 9 de diciembre, Quinua - Ayacucho, 2021”

##### **Ubicación de la Zona de estudio:**

La presente tesis se realizó en el distrito de Quinua, ubicada específicamente en el Jr. 9 de diciembre cuya coordenada es 13°02'21.8"S con 74°08'19.0"O con una elevación de 3284.00 msnm ubicada exactamente entre las progresivas 5 + 300 hasta la progresiva 5 + 280.

El objetivo de la presente tesis es Determinar la influencia de la adición de vidrio y PET en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5%, en la estabilización de la subrasante en la vía Jr. 9 de diciembre, Quinua 2021.

El área de influencia de la presente tesis, se encuentra ubicada en:

Departamento : Ayacucho.

Provincia : Huamanga.

Región Geográfica : Sur.

Distrito : Quinua.

El Distrito de Quinua posee un total de 6200.00 habitantes con una densidad de 51.2 hab. / km<sup>2</sup>, la población va en crecimiento con respecto a años anteriores, el distrito de Quinua limita por el sur con el distrito de Pacaycasa y Acos Vinchos, por el norte con el distrito de Huamanguilla y Tambo, por el este con el distrito de Acos Vinchos y por el oeste con el distrito de Huamanguilla.

## Localización geográfica del Proyecto

Figura 17. Izquierda ubicación del distrito de Quinua en el mapa del Perú. Derecha ubicación del distrito de Quinua en el mapa de Lima Metropolitana.



Fuente Google hearth.

### **Accesibilidad a la Zona de Estudio:**

Para llegar al área de intervención, partiendo desde la Plaza de Quinua con rumbo Noreste, se toma el Jr. Cahuide con dirección al noreste, llegando al cruce con el Jr. Bolívar y la primera cuadra del Jr. 9 de diciembre, a partir de este cruce se inicia el área de estudio de la presente tesis.

### **Estado actual de la zona del proyecto:**

La vía en estudio tiene las mismas características a lo largo del kilómetro y medio en estudio, por lo que, a continuación para un mejor análisis se describe el tráfico actual que generalmente está compuesto por el tráfico de carga pesada que es el que existe actualmente, tiene un crecimiento vegetativo, el tráfico que actualmente existe en la zona es el que deriva de los vehículos de carga pesada que circulan permanentemente acareando material de construcción de las canteras que existen en el distrito de Quinua.

## Trabajo de Campo

### Ubicación de las calicatas

Se realizó 01 calicata dentro de la vía del Jr. 9 de diciembre que comprende el estudio de la presente tesis, asignando un código para reconocer de, M-01.

Figura 18. Calicata en sitio M-01



Fuente: Elaboración propia.

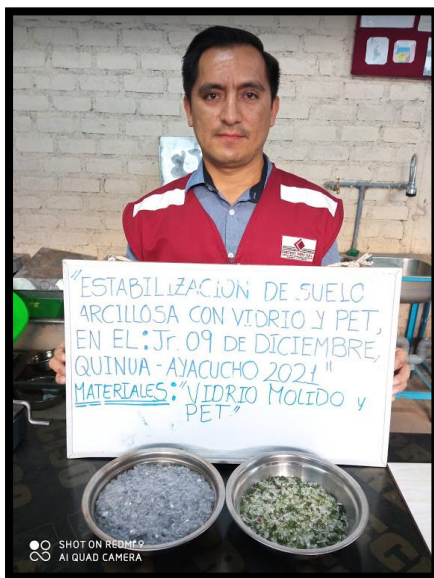
La calicata M-01 se encuentra ubicada en la progresiva 5 + 292, la cual se desarrolla respetando los procesos, procedimientos, normas y reglamento que están vinculadas a los ensayos de materiales, de modo que se realice los ensayos con objetividad. Se determinó realizar los ensayos de laboratorio a la muestra obtenida en la calicata M-01, debido a que se encuentra ubicada favorablemente en nuestra zona de estudio.

### **O.G Evaluar cómo influye la incorporación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la sub rasante en el jr. 9 de diciembre, quinoa, Ayacucho, 2021**

Para el presente estudio se efectuó ensayos geotécnicos al suelo en estado natural los cuales fueron 01 análisis granulométrico MTC E 107, 01 ensayo de límites de Atterberg MTC E 110 - 111, 01 ensayo Proctor modificado MTC E 115, 01 ensayo CBR de suelos MTC E 132, luego se adiciono vidrio al suelo natural en dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% para realizar 03 ensayos de limites Atterberg MTC E 110 - 111, 03 ensayos de Proctor modificado MTC E 115 y 03 ensayos de CBR MTC E 132, así mismo se adiciono PET al suelo en dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% para también hacer 03 ensayos de Proctor modificado MTC E 115 y 03

ensayos de CBR según MTC E 132. Los ensayos se realizaron en el laboratorio Soiltest Perú S.R.L, la muestra de suelo fue manipulado con el cuidado necesario para no alterar sus propiedades, en todos los ensayos se respetó las normas estándar del MTC. Con lo cual se logró obtener detalladamente las propiedades físico mecánicas de la muestra de suelo obtenida en la calicata la cual es codificada como M-01.

Figura 19. Materiales PET y Vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

### **O.E.1 Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la plasticidad de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

#### **Límite de Atterberg ASTM 4318**

Se analizó la muestra de suelo M-01 en estado natural los ensayos de Límites de ATTERBERG (ASTM D4318, MTC E 1090 - 2000), para poder determinar el Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad, para determinar su clasificación y conocer sus características mecánicas para ser mejoradas, en la tabla 19 se observa los resultados en suelo natural con un límite liquido de 24.98%, el límite plástico de 19.41% con lo que el índice de plasticidad es 5.57% el que se clasifica en el rango de  $IP < 7 > 0$  determinándolo como suelo poco arcilloso con baja plasticidad. También se realizó el ensayo al suelo con los porcentajes de adición de vidrio en la que el IP mantuvo en el mismo rango y clasificación que el suelo



natural, pero con una disminución del IP de 5.57% a 3.57% mostrando que el vidrio contribuye a la disminución del IP del suelo en estudio.

Figura 20. Ensayo limite plástico izquierda y limite liquido derecha.



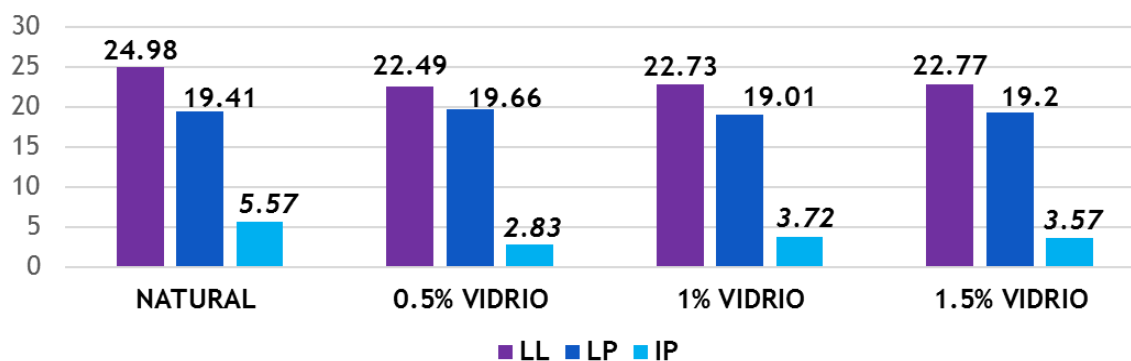
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Cuadro comparativo de resultado limites Atterberg de la muestra M-01 + dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% vidrio.

| Muestra                            | Limite Líquido (LL) | Limite Plástico (LP) | Índice de Plasticidad (IP) |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| M-01 + 0 % Estado Natural          | 24.98%              | 19.41%               | 5.57%                      |
| M-01 + 0.5 % de adición de vidrio. | 22.49%              | 19.66%               | 2.83%                      |
| M-01 + 1 % de adición de vidrio.   | 22.73%              | 19.01%               | 3.72%                      |
| M-01 + 1.5 % de adición de vidrio. | 22.77%              | 19.20%               | 3.57%                      |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Grafica comparativa de resultados limites Atterberg.



Fuente: Elaboración propia

**O.E.2 Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la compactación de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

**Granulometría ASTM 422 - MTC E 107**

Se realizó el ensayo granulométrico por tamizado empleando la norma MTC E 107, el cual determino numéricamente las cantidades de tipos de partículas de la muestra M-01 en estado natural, para luego darle la respectiva clasificación de acuerdo a las cantidades retenidas en las diferentes mallas.

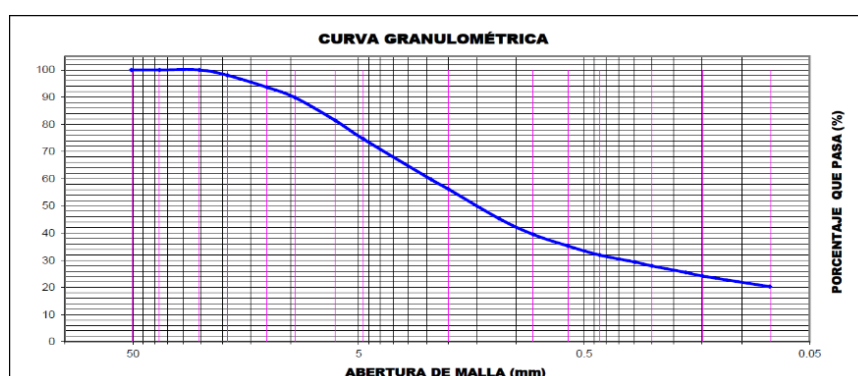
Tabla 16. Granulometría de la muestra de la calicata M-01 en estado natural.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | TAMICES ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | % QUE PASA |
|--------------------------------------|--------------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------|
|                                      |              | 3"            | 76.200             |                      |                        |            |
|                                      | 2 1/2"       | 63.500        |                    |                      |                        |            |
|                                      | 2"           | 50.800        |                    |                      |                        |            |
|                                      | 1 1/2"       | 38.100        | 0.00               | 0.00                 | 0.000                  | 100.00     |
|                                      | 1"           | 25.400        | 0.00               | 0.00                 | 0.000                  | 100.00     |
|                                      | 3/4"         | 19.050        | 33.98              | 1.96                 | 1.957                  | 98.04      |
|                                      | 1/2"         | 12.700        | 76.72              | 4.42                 | 6.377                  | 93.62      |
|                                      | 3/8"         | 9.525         | 66.68              | 3.84                 | 10.218                 | 89.78      |
|                                      | 1/4"         | 6.350         | 144.33             | 8.31                 | 18.532                 | 81.47      |
|                                      | Nº 4         | 4.750         | 119.83             | 6.90                 | 25.434                 | 74.57      |
|                                      | Nº 8         | 2.380         | 258.13             | 14.87                | 40.304                 | 59.70      |
|                                      | Nº 10        | 2.000         | 60.64              | 3.49                 | 43.797                 | 56.20      |
|                                      | Nº 16        | 1.190         | 189.04             | 10.89                | 54.686                 | 45.31      |
|                                      | Nº 20        | 0.840         | 101.08             | 5.82                 | 60.509                 | 39.49      |
|                                      | Nº 30        | 0.590         | 73.39              | 4.23                 | 64.736                 | 35.26      |
|                                      | Nº 40        | 0.428         | 58.66              | 3.38                 | 68.115                 | 31.88      |
|                                      | Nº 50        | 0.297         | 44.66              | 2.57                 | 70.688                 | 29.31      |
|                                      | Nº 60        | 0.250         | 24.45              | 1.41                 | 72.096                 | 27.90      |
|                                      | Nº 80        | 0.177         | 41.99              | 2.42                 | 74.515                 | 25.49      |
|                                      | Nº 100       | 0.149         | 22.94              | 1.32                 | 75.836                 | 24.16      |
|                                      | Nº 200       | 0.075         | 67.47              | 3.89                 | 79.723                 | 20.28      |
|                                      | FONDO LAVADO |               | 73.01              | 16.07                | 95.794                 | 0.00       |
|                                      | TOTAL        |               | 1457.00            |                      |                        |            |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se observa el análisis granulométrico por tamizado del suelo en estudio muestra M-01, en el cual se aprecia el porcentaje de partículas que pasa por el tamiz Nº 200 que es del 20.28 %, la que indica que la muestra de suelo M-01, cumple con los requerimientos de la norma ASTM 422 – MTC 107 y norma NTP 339.132 - 2014, que indica que como máximo el 25 % o menos de finos deben pasar por el tamiz Nº 200 para considerarse como arena limo – arcillosa con grava según su clasificación.

Figura 22. Figura 20: Curva de la granulometría muestra calicata M-01 en estado natural.



Fuente: Elaboración propia.

Viendo la estratigrafía de la figura 20 observamos que por el tamiz de 1 1/2", hasta el 1" el porcentaje de partículas que pasa es 100%, desde dicho punto como inicio de curvatura, en el tamiz N° 10 el porcentaje de partículas que pasa es del 56.20%, en el tamiz N°40 el porcentaje de partículas que pasa es del 31.88% y en el tamiz N° 200 el porcentaje de partículas que pasa es del 20.28%, los requisitos establecidos en las normas ASTM 422I, indica que como máximo el 25% o menos de finos deben pasar por el tamiz N° 200 para considerarse como arena limo – arcillosa con grava según su clasificación. De la muestra de suelo M – 01 ensayada en laboratorio se determinó la clasificación mediante el sistema SUCS (NTP 339.134-2014) y AASHTO (NTP 339.135-2014) la cual dio como resultado establecer como signo convencional SC-SM en el sistema de clasificación SUCS y con grupo A-2-4 (0) en el sistema AASHTO, el contenido de humedad de la muestra M-01 en estado natural se observa en la tabla 18.

Tabla 17. Resultado de clasificación SUCS, AASHTO y contenido de humedad de la M-01.

| Muestra | Clasificación SUCS | Clasificación AASHTO | Contenido de humedad Natural |
|---------|--------------------|----------------------|------------------------------|
| M - 01  | SC-SM              | A-2-4 (0)            | 9.4%                         |

Fuente: Elaboración propia.

### Proctor modificado ASTM D 1557

El Proctor Modificado se empleó el método "B", este método determina el contenido de humedad con relación a su densidad seca máxima para determinar la curva de compactación, el primer paso es conocer el peso específico de la muestra M-01 en estado natural y luego con la adición de vidrio y PET en dosificaciones de 0.5%, 1%



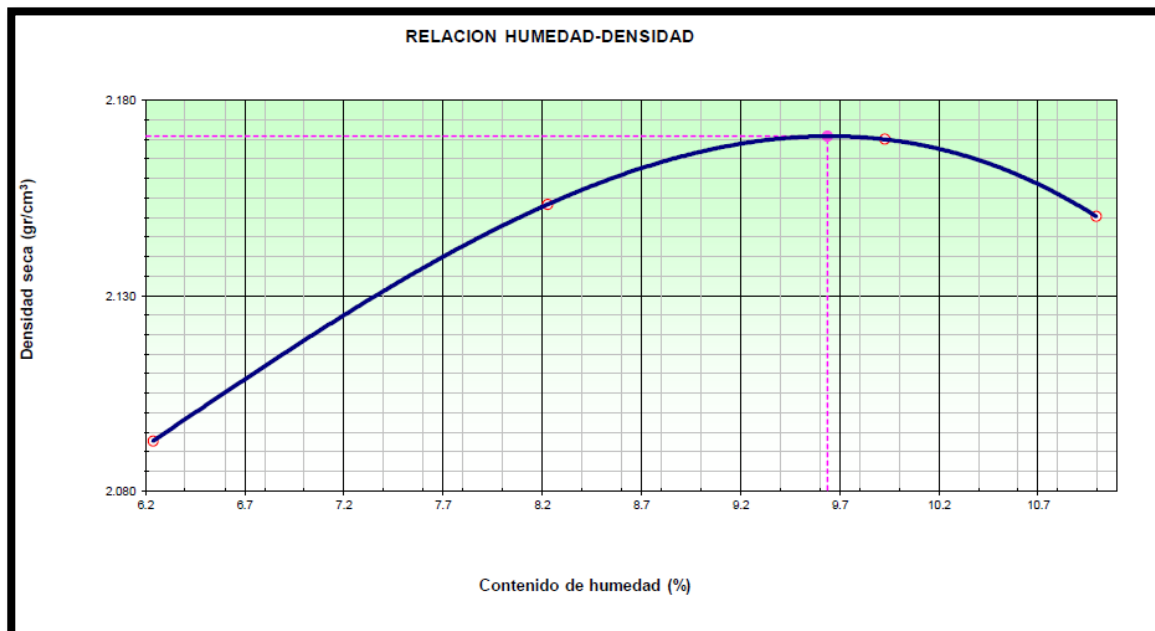
1.5%, para luego conocer el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima seca.

Figura 23. Ensayo Proctor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima del suelo natural



Fuente: Elaboración propia.

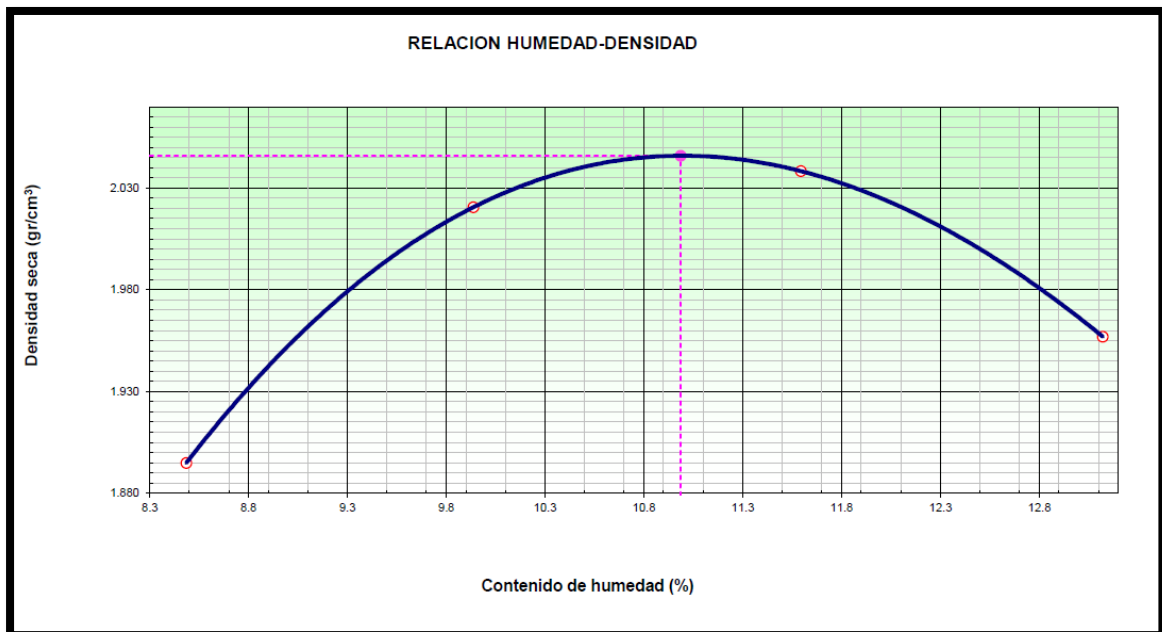
En la figura 21 se observa la curva de contenido de humedad óptimo con relación a su máxima densidad seca en estado natural sin adición de ningún aditivo la que da una humedad óptima de 9.64% y la máxima densidad seca es de 2.17 gr/cm<sup>3</sup>.

Figura 25. muestra M-01 + 0.5 % de vidrio para ensayo proctor.



Fuente: Elaboración propia.

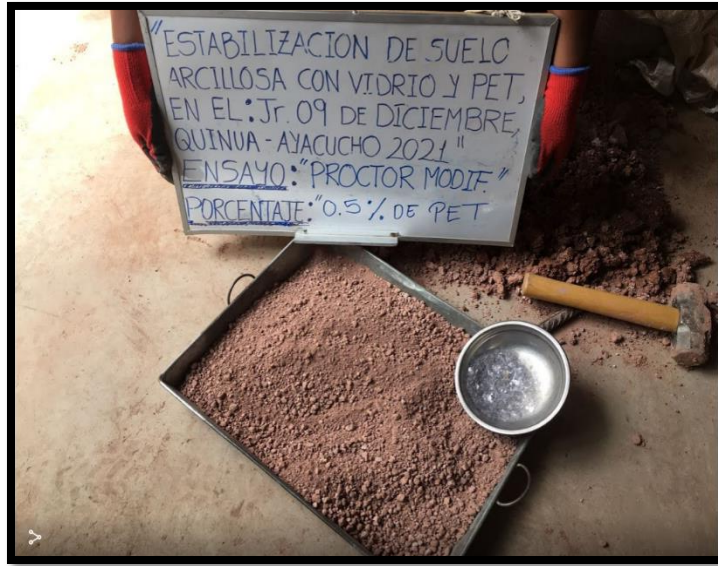
Figura 26. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 0.5 % de vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

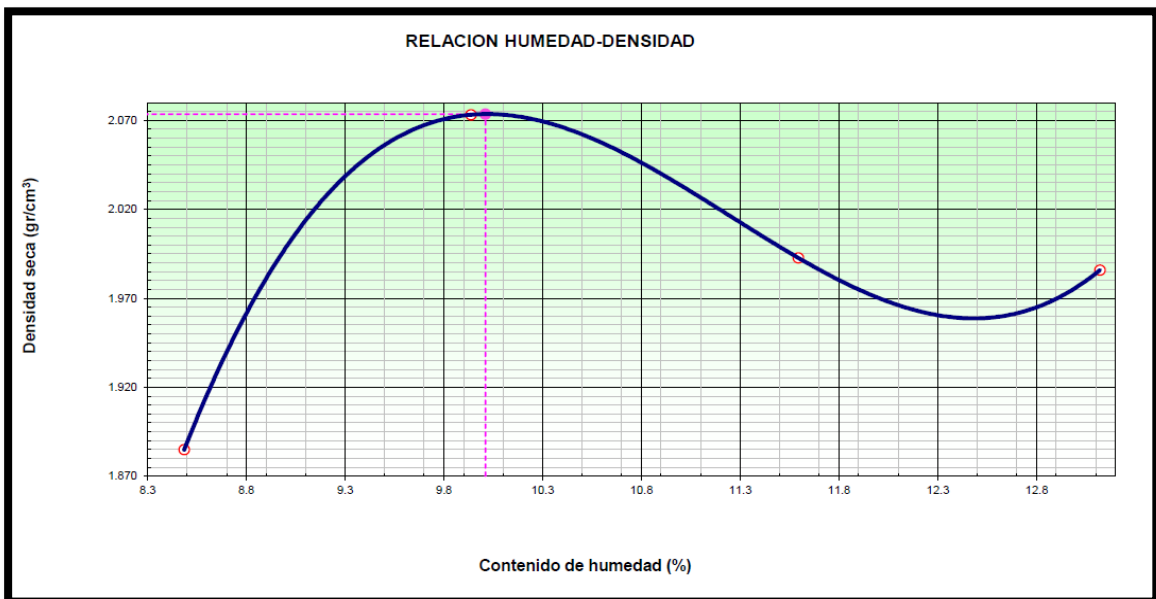
De la figura 22 observamos la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca con adición del 0.5 % de vidrio, donde se observa que el contenido de humedad óptima es 10.99% y la máxima densidad seca es 2.05 grs/cm<sup>3</sup>.

Figura 27. muestra M-01 + 0.5 % de PET para ensayo proctor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 0.5 % de PET.



Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior observamos la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca con adición del 0.5 % de PET, donde se

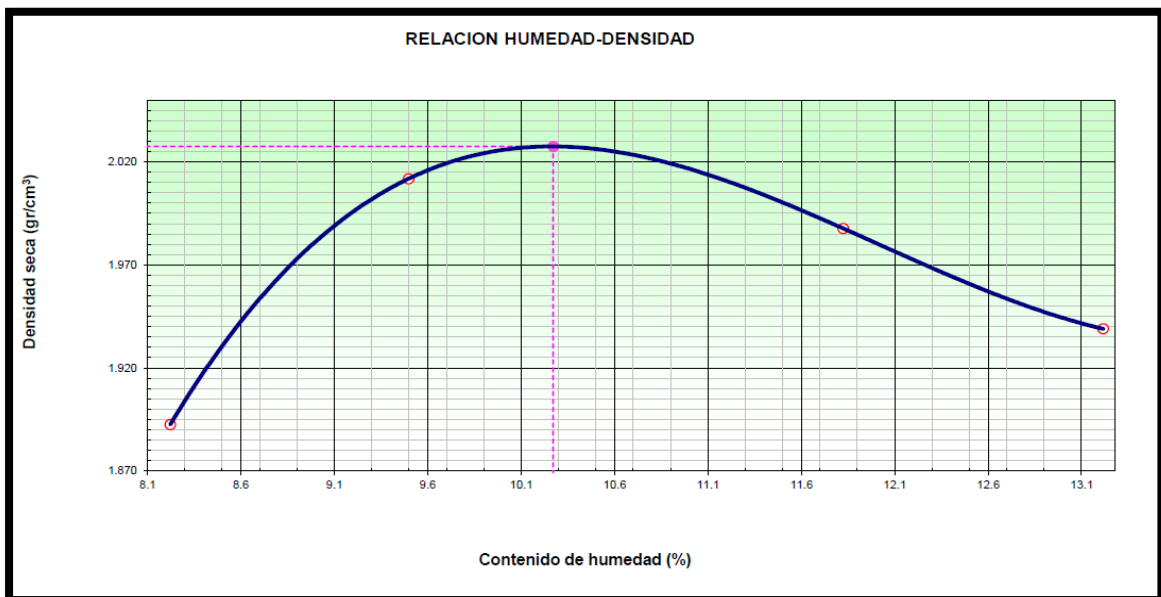
observa que el contenido de humedad óptimo es 10.01% y la máxima densidad seca es 2.07 grs/cm<sup>3</sup>.

Figura 29. muestra M-01 + 0.5 % de PET para ensayo proctor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1 % de vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

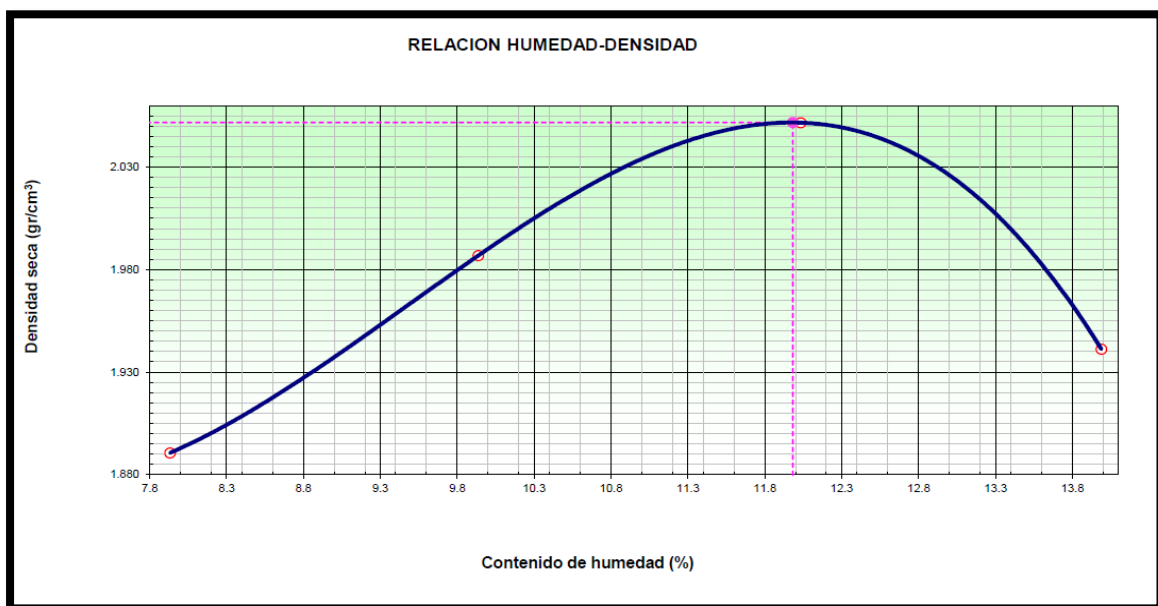
En la figura 23 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca con adición de 1% de vidrio, observando que el contenido de humedad óptimo es de 10.27% y la máxima densidad seca es 2.03 grs/cm<sup>3</sup>.

Figura 31. muestra M-01 + 1 % de PET para ensayo proctor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1 % de PET.

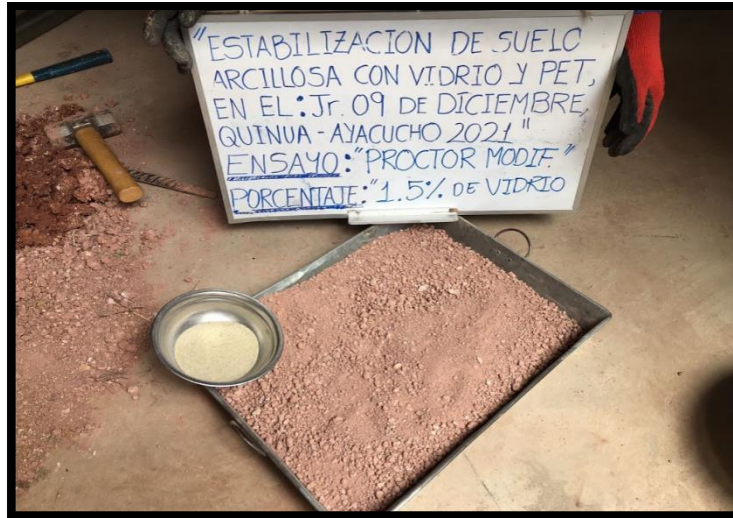


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca con adición de 1% de vidrio, observando que el contenido de humedad óptima es de 11.98% y la máxima densidad seca es 2.05 gr/cm<sup>3</sup>.

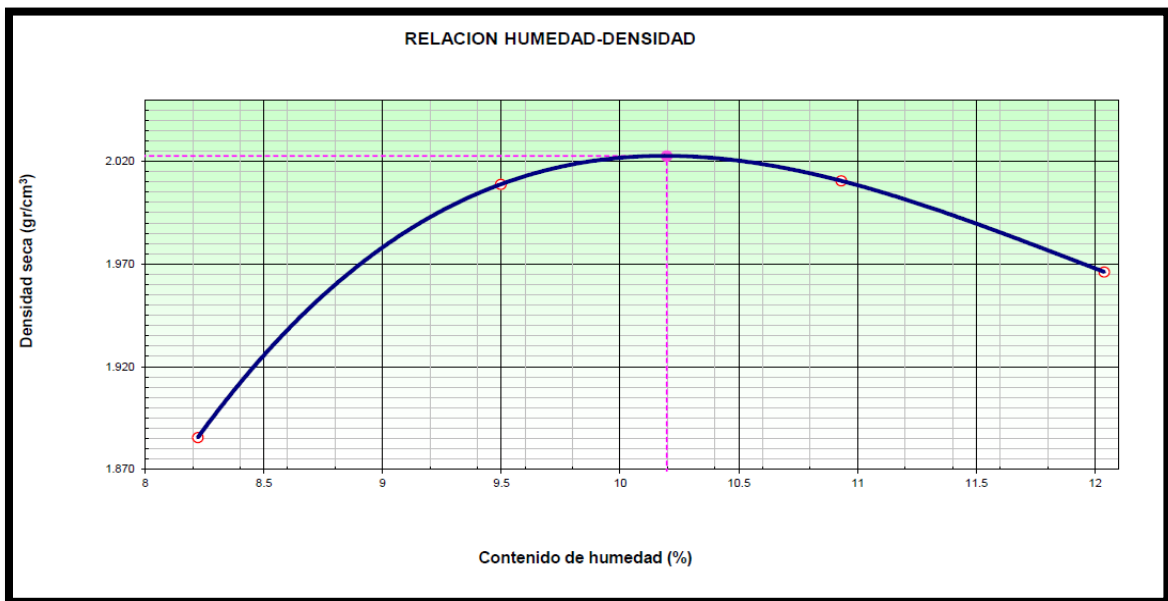


Figura 33. Muestra M-01 + 1.5% de vidrio para ensayo Proctor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1.5 % de vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

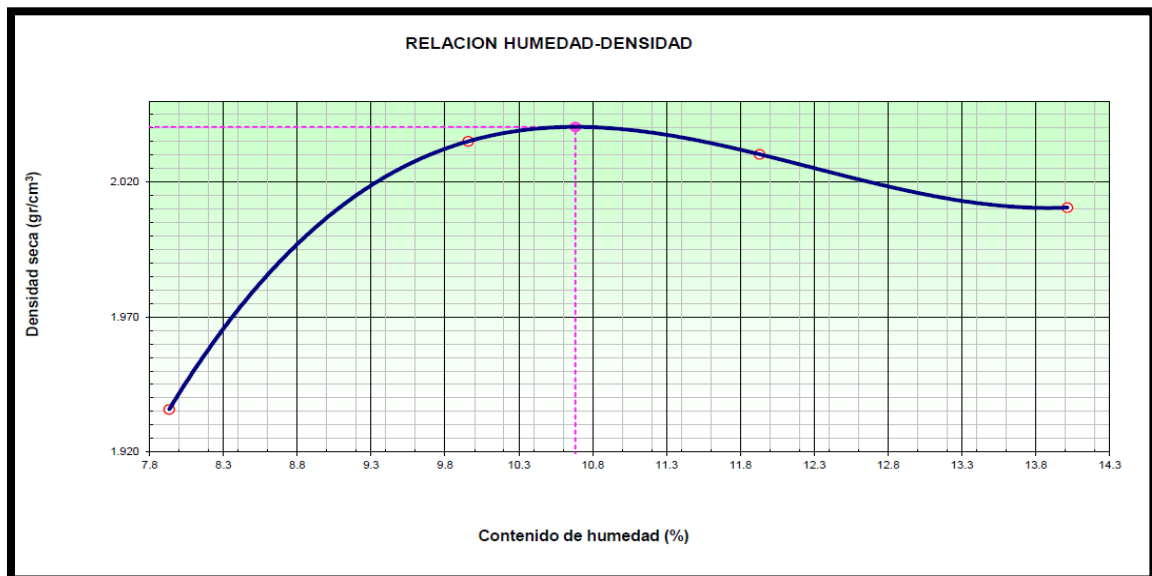
En la figura 24 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca con adición del 1.5% de vidrio, observando que el contenido de humedad óptima es 10.20% y la máxima densidad seca es 2.02 gr/cm<sup>3</sup>.

Figura 35. Muestra M-01 + 1.5% de PET para ensayo Proctor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Diagrama relación óptimo contenido de humedad – densidad máxima seca de la muestra M-01 + 1.5 % de PET.



Fuente: Elaboración propia.

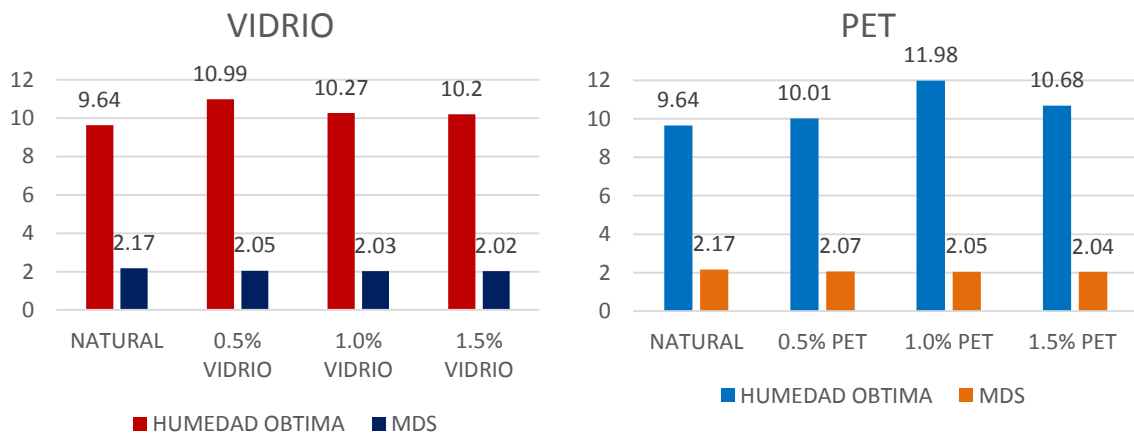
En la figura 24 se observa la curva de contenido de humedad óptimo en relación a su máxima densidad seca con adición del 1.5% de vidrio, observando que el contenido de humedad óptimo es 10.68% y la máxima densidad seca es 2.04 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla 18. Cuadro comparativo de resultado de Proctor Modificado de la muestra M-01 + dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% vidrio y PET.

| Condición de la muestra            | Humedad Optima | Densidad Máxima Seca (grs/cm <sup>3</sup> ) |
|------------------------------------|----------------|---|
| M-01 Estado Natural                | 9.64%          | 2.17%                                       |
| M-01 + 0.5 % de adición de vidrio. | 10.99%         | 2.05%                                       |
| M-01 + 1 % de adición de vidrio.   | 10.27%         | 2.03%                                       |
| M-01 + 1.5 % de adición de vidrio. | 10.20%         | 2.02%                                       |
| M-01 + 0.5 % de adición de PET.    | 10.01%         | 2.07%                                       |
| M-01 + 1 % de adición de PET.      | 11.98%         | 2.05%                                       |
| M-01 + 1.5 % de adición de PET.    | 10.68%         | 2.04%                                       |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Grafica comparativa de humedad optima y máxima densidad seca.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20 se observa los resultados del ensayo de compactación Proctor modificado con valores de OCH Y MDS de la muestra de suelo M-01, el comportamiento es favorable ya que no hay mucha variación en cuanto a los valores iniciales del suelo natural con la adición del vidrio y PET en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% para el vidrio se ve que al aumentar el porcentaje de adición la MDS baja de 2.05 a 2.02 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que para el PET también la MDS disminuye con el aumento del porcentaje de PET de 2.07 a 2.04 gr/cm<sup>3</sup>, las cuales en comparación con el suelo natural se ve que disminuyó la MDS y aumento el OCH con valores mayores al natural de 9.64%.



**O.E.3 Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la resistencia de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

**California Bearing (CBR) ASTM D 1883**

De los ensayos realizados a la muestra de suelo M-01 el ensayo de CBR es el más importante, ya que este determina la capacidad portante del suelo para ser empleada como sub rasante en el diseño de carreteras, se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 en estado natural, para poder establecer su capacidad portante patrón de la muestra para lo que se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 21.

Figura 38. Ensayo CBR.



Fuente: Elaboración propia.

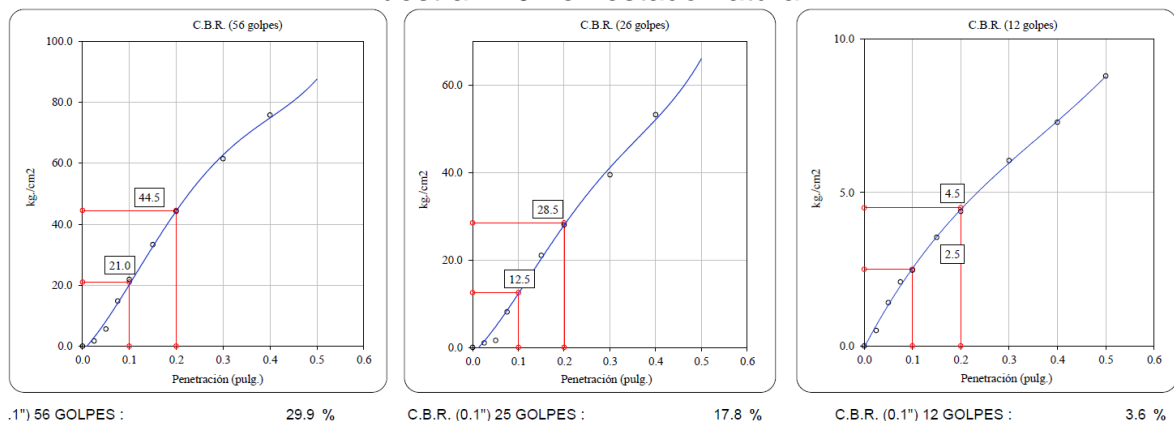
Tabla 19. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01 en estado natural – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                           |                          |                          |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Espécimen N° 01           | Espécimen N° 02          | Espécimen N° 03          |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes                 | 26 Golpes                | 12 Golpes                |
| Densidad seca  | 1.858 gr./cm <sup>3</sup> | 1.702gr./cm <sup>3</sup> | 1.585gr./cm <sup>3</sup> |
| Humedad de penetración                                 | 12.6%                     | 15.2%                    | 16.8%                    |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 39. Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 en estado natural.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

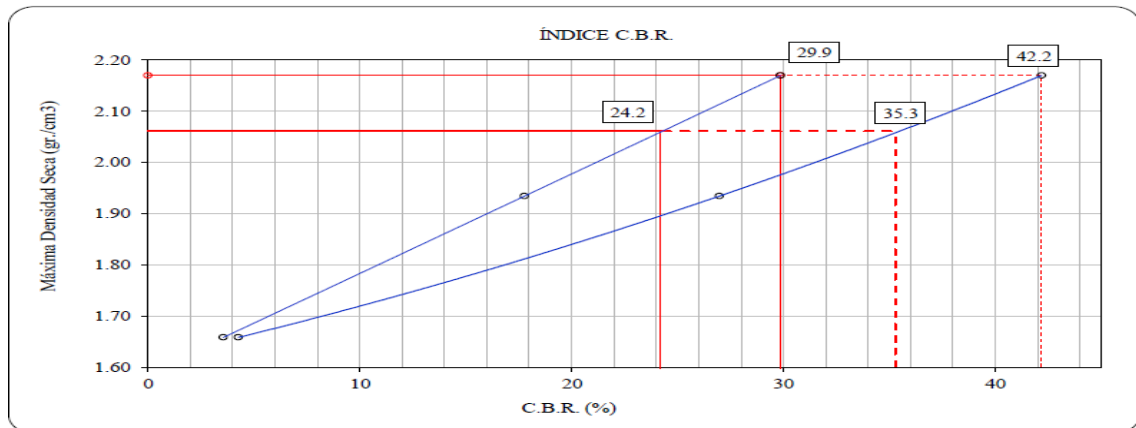
Tabla 20. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01 en estado natural.

| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95%   |
|---------|----------------------|-------------|--------------|--------------|
| M - 01  | Suelo Natural        | 0.1"        | 29.9 %       | <b>24.2%</b> |
| M - 01  | Suelo Natural        | 0.2"        | 42.2 %       | 35.3 %       |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 en estado natural, el ensayo de CBR al 95% determino 24.2% de CBR para una penetración de 0.1” por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante muy buena, tal como lo establece el manual de carretas –MTC.

Figura 40. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 en estado natural.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.17g/cm<sup>3</sup>, el CBR es 24.2% para una penetración de 0.1”.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 0.5% de vidrio, se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla 23.

Figura 41. Muestra M-01 + 0.5% de vidrio en Ensayo CBR.



Fuente: Elaboración propia.

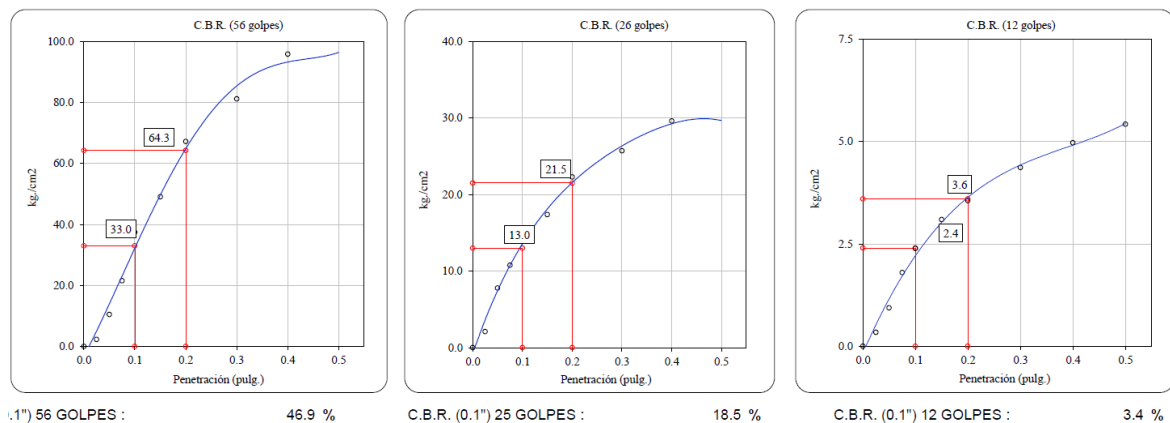
Tabla 21. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+0.5% de vidrio – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                           |                           |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Espécimen N° 01           | Espécimen N° 02           | Espécimen N° 03           |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes                 | 26 Golpes                 | 12 Golpes                 |
| Densidad seca  | 2.050 gr./cm <sup>3</sup> | 1.875 gr./cm <sup>3</sup> | 1.754 gr./cm <sup>3</sup> |
| Humedad de penetración                                 | 10.6 %                    | 11.3 %                    | 12.9 %                    |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 42. Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 0.5% vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

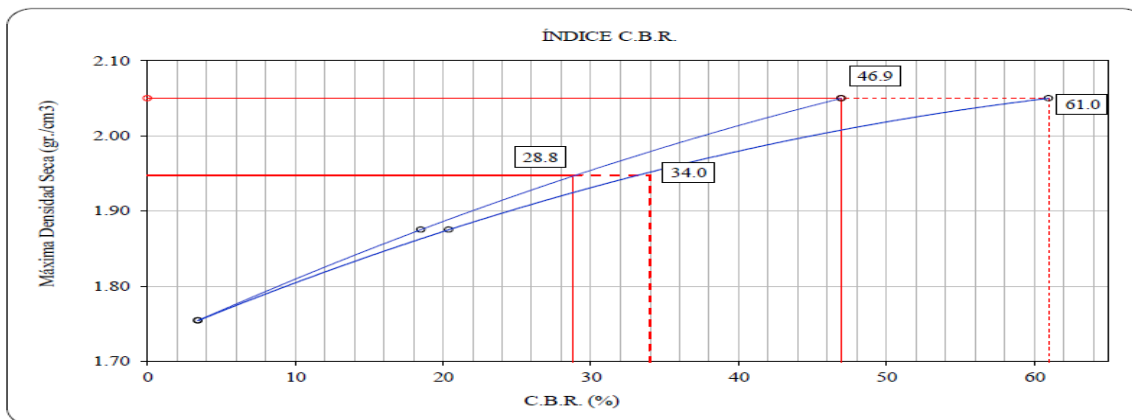
Tabla 22. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+0.5% de vidrio.

| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95%   |
|---------|----------------------|-------------|--------------|--------------|
| M - 01  | M-01 + 0.5 % vidrio  | 0.1"        | 46.9 %       | <b>28.8%</b> |
| M - 01  | M-01 + 0.5 % vidrio  | 0.2"        | 61.0 %       | 34.0 %       |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 con vidrio, el ensayo de CBR al 95% determino 28.8% de CBR para una penetración de 0.1” por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante muy buena, tal como lo establece el manual de carretas –MTC.

Figura 43. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 0.5% vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.05g/cm3, el CBR es 28.8% para una penetración de 0.1”.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 0.5% de PET, se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm3 (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm3 (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm3 (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla siguiente.

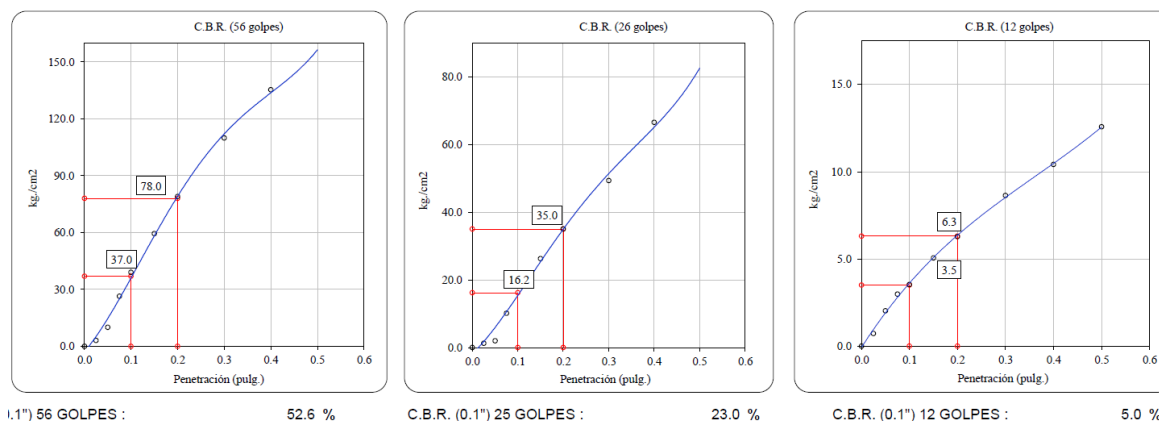
Tabla 23. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+0.5% de PET – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                 |                 |                 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Especímen N° 01 | Especímen N° 02 | Especímen N° 03 |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes       | 26 Golpes       | 12 Golpes       |
| Densidad seca  | 2.070 gr./cm3   | 1.936gr./cm3    | 1.835gr./cm3    |
| Humedad de penetración                                 | 10.4%           | 11.4%           | 12.6%           |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 44. Diagrama ensayo CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 0.5% PET.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

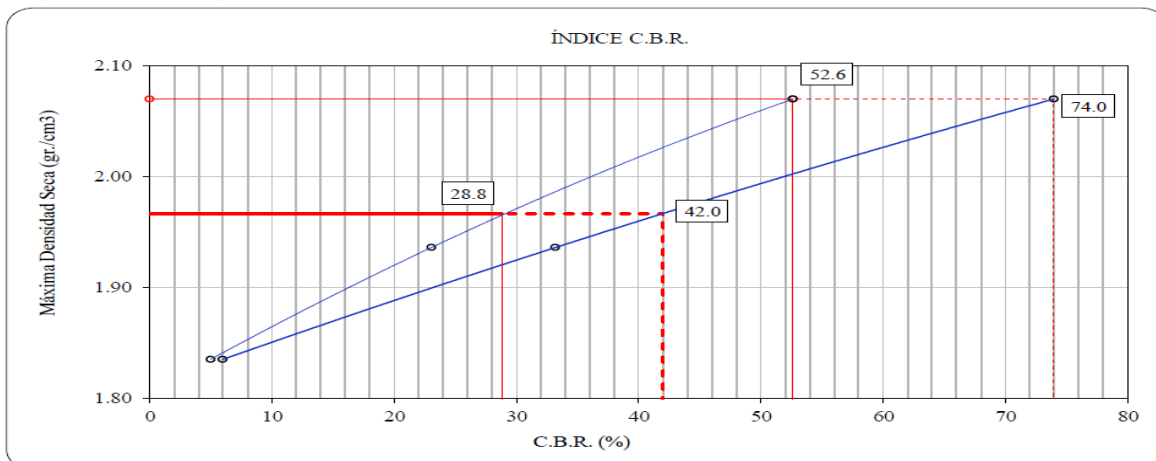
Tabla 24. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+0.5% de PET.

| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95%   |
|---------|----------------------|-------------|--------------|--------------|
| M - 01  | M-01 + 0.5 % PET     | 0.1"        | 52.6%        | <b>28.8%</b> |
| M - 01  | M-01 + 0.5 % PET     | 0.2"        | 74%          | 42%          |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de PET, el ensayo de CBR al 95% determino 28.8% de CBR para una penetración de 0.1" por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante muy buena, tal como lo establece el manual de carretas –MTC

Figura 45. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 0.5% PET.

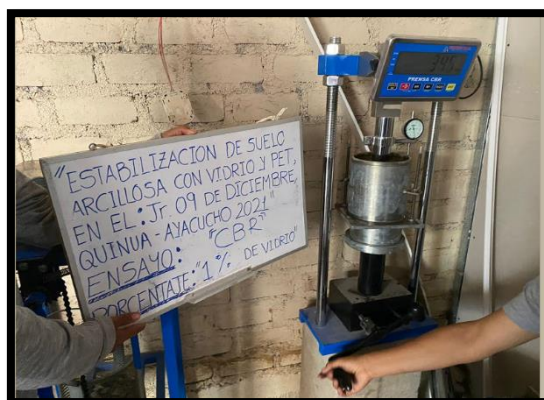


Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.07g/cm<sup>3</sup>, el CBR es 28.8% para una penetración de 0.1”.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 1% de vidrio, se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla siguiente.

Figura 46. Muestra M-01 + 1% de vidrio en Ensayo CBR.



Fuente: Elaboración propia.



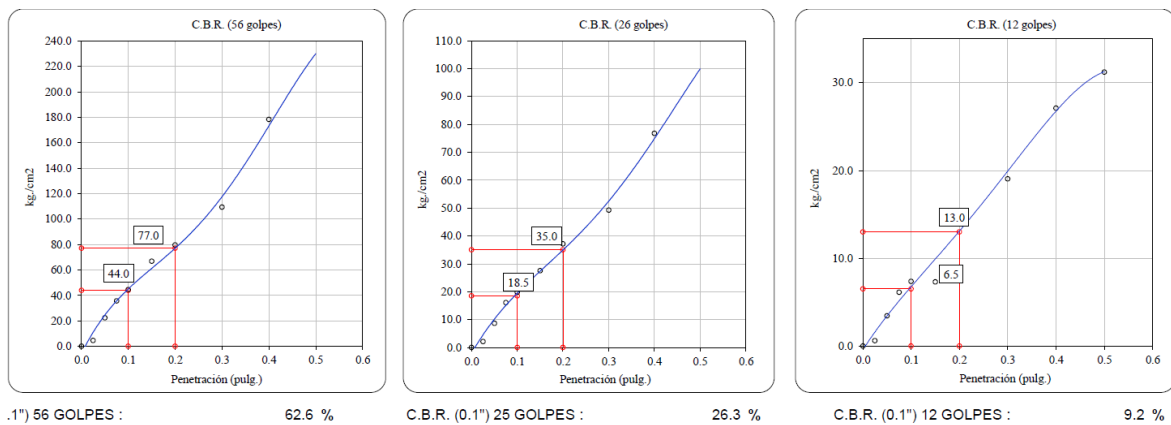
Tabla 25. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1% de vidrio – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                           |                           |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Espécimen N° 01           | Espécimen N° 02           | Espécimen N° 03           |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes                 | 26 Golpes                 | 12 Golpes                 |
| Densidad seca  | 2.027 gr./cm <sup>3</sup> | 1.910 gr./cm <sup>3</sup> | 1.808 gr./cm <sup>3</sup> |
| Humedad de penetración                                 | 11.9 %                    | 12.3 %                    | 13.7 %                    |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 47. Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1% vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

Tabla 26. Resultado de ensayo de CBR de la muestra CS-01+1% de vidrio.

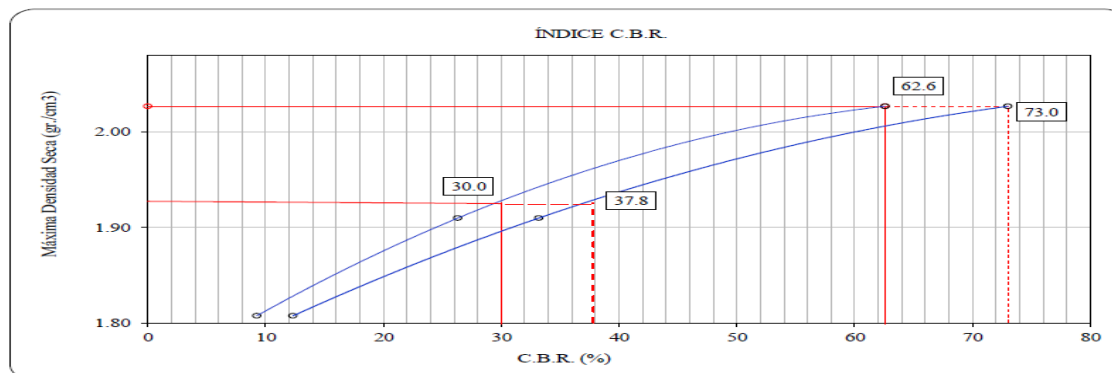
| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95%    |
|---------|----------------------|-------------|--------------|---------------|
| M - 01  | M-01 + 1 % vidrio    | 0.1"        | 62.6 %       | <b>30.0 %</b> |
| M - 01  | M-01 + 1 % vidrio    | 0.2"        | 73.0 %       | 37.8 %        |

Fuente: Elaboración propia.



En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de vidrio, el ensayo de CBR al 95% determino 30% de CBR para una penetración de 0.1” por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante muy buena, tal como lo establece el manual de carretas –MTC

Figura 48. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1% vidrio.



Fuente:Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.03g/cm<sup>3</sup>, el CBR es 30% para una penetración de 0.1”.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 1% de PET, se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla siguiente.

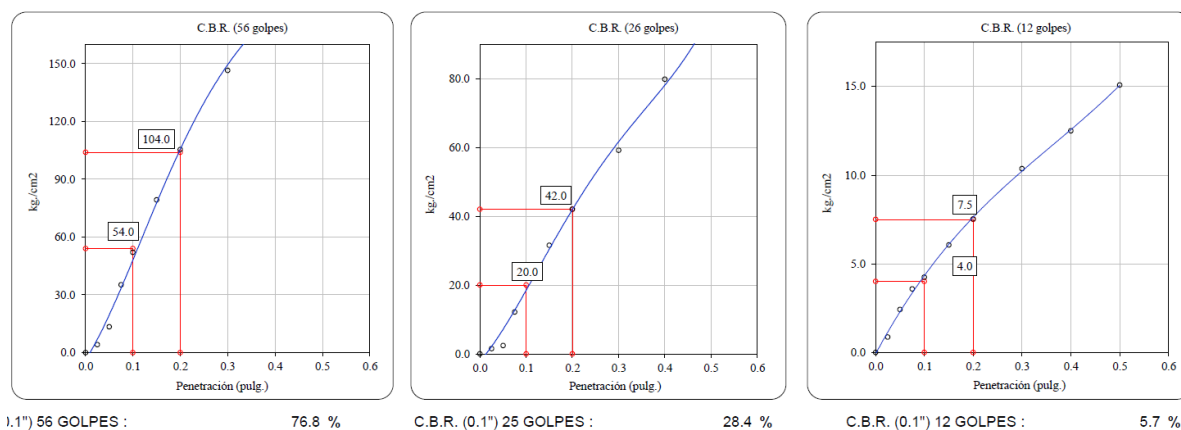
Tabla 27. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1% de PET – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                           |                          |                          |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Espécimen N° 01           | Espécimen N° 02          | Espécimen N° 03          |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes                 | 26 Golpes                | 12 Golpes                |
| Densidad seca  | 2.027 gr./cm <sup>3</sup> | 1.878gr./cm <sup>3</sup> | 1.768gr./cm <sup>3</sup> |
| Humedad de penetración                                 | 10.3%                     | 11.4%                    | 12.5%                    |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 49. Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1% PET.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

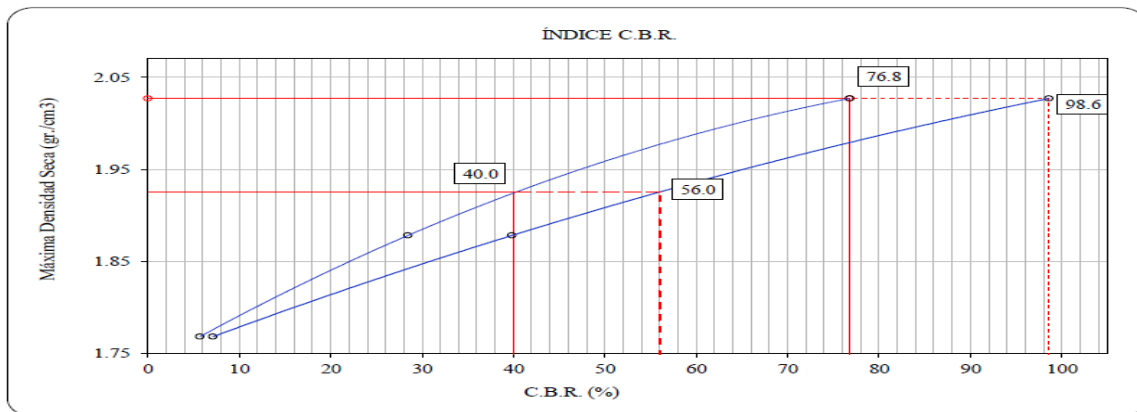
Tabla 28. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+1% de PET.

| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95% |
|---------|----------------------|-------------|--------------|------------|
| M - 01  | M-01 + 0.5 % PET     | 0.1"        | 76.8%        | <b>40%</b> |
| M - 01  | M-01 + 0.5 % PET     | 0.2"        | 98.6%        | 56%        |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de PET, el ensayo de CBR al 95% determino 40% de CBR para una penetración de 0.1" por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante excelente, tal como lo establece el manual de carretas –MTC

Figura 50. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1% PET.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.05g/cm<sup>3</sup>, el CBR es 40.2% para una penetración de 0.1”.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 1.5% de vidrio, se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla siguiente.

Figura 51. Muestra M-01 + 1.5% de vidrio en Ensayo CBR



Fuente: Elaboración propia.

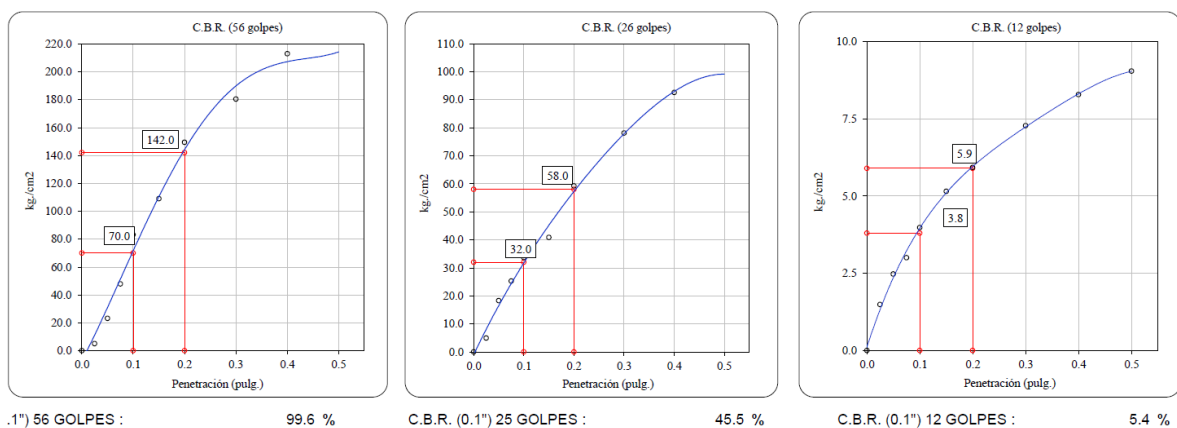
Tabla 29. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1.5% de vidrio – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                           |                           |                           |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Espécimen N° 01           | Espécimen N° 02           | Espécimen N° 03           |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes                 | 26 Golpes                 | 12 Golpes                 |
| Densidad seca  | 2.040 gr./cm <sup>3</sup> | 1.936 gr./cm <sup>3</sup> | 1.822 gr./cm <sup>3</sup> |
| Humedad de penetración                                 | 10.3 %                    | 11.4 %                    | 12.8 %                    |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 52. Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1.5% vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

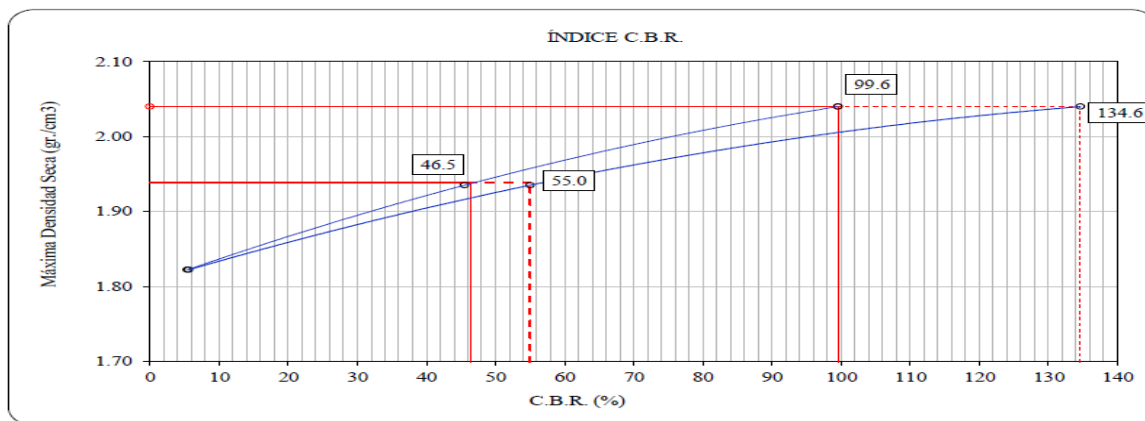
Tabla 30. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+1.5% de vidrio.

| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95%    |
|---------|----------------------|-------------|--------------|---------------|
| M - 01  | M-01 + 1.5 % vidrio  | 0.1"        | 99.6 %       | <b>46.5 %</b> |
| M - 01  | M-01 + 1.5 % vidrio  | 0.2"        | 134.6 %      | 55.0 %        |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de vidrio, el ensayo de CBR al 95% determino 46.5% de CBR para una penetración de 0.1” por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante excelente, tal como lo establece el manual de carretas –MTC

Figura 53. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1.5% vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.02g/cm<sup>3</sup>, el CBR es 46.5% para una penetración de 0.1”.

Se realizó el ensayo de CBR a la muestra M-01 con adición de 1.5% de PET, se tuvo que realizar 03 especímenes para someterlas a diferentes energías de compactación en golpes, el espécimen n° 01 se realizó con una energía de 27.7 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (56 golpes), el espécimen n° 02 se realizó con una energía de 12.2 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (25 golpes), el espécimen n° 03 se realizó con una energía de 6.1 Kg\*cm/cm<sup>3</sup> (12 golpes) y luego someter a los especímenes una sobre carga de 4.53 kg tal como se observa en la tabla siguiente.

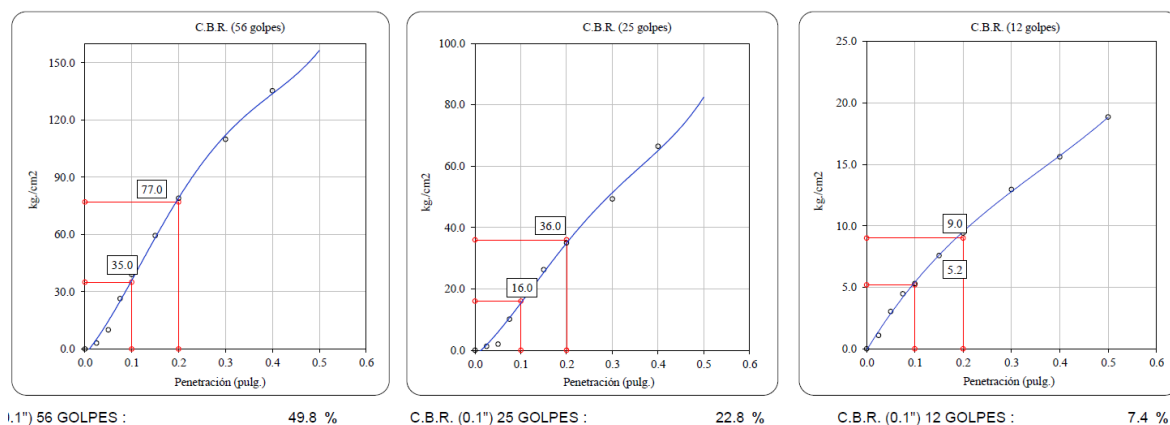
Tabla 31. Resultado de condición de la muestra ensayada M-01+1.5% de PET – CBR.

| Muestra M-01 en estado natural embebido en agua 4 días |                           |                          |                          |
|--|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Condición de la muestra ensayada                       | Espécimen N° 01           | Espécimen N° 02          | Espécimen N° 03          |
| Energía de compactación                                | 56 Golpes                 | 26 Golpes                | 12 Golpes                |
| Densidad seca  | 2.023 gr./cm <sup>3</sup> | 1.772gr./cm <sup>3</sup> | 1.602gr./cm <sup>3</sup> |
| Humedad de penetración                                 | 10.2%                     | 11.6%                    | 13.5%                    |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados embebidos en agua durante 4 días donde se tuvo en cuenta como dato patrón los siguientes valores para el espécimen n° 01 la densidad seca antes de ser mojada humedad antes de la compactación, todas ellas sometidas a la energía de compactación.

Figura 54. Diagrama de ensayo de CBR de los tres especímenes ensayados a la muestra M-01 + 1.5% PET



Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se observa los resultados de los tres especímenes ensayados las cuales forman la curva de presión ejercida en relación a la dimensión de penetración.

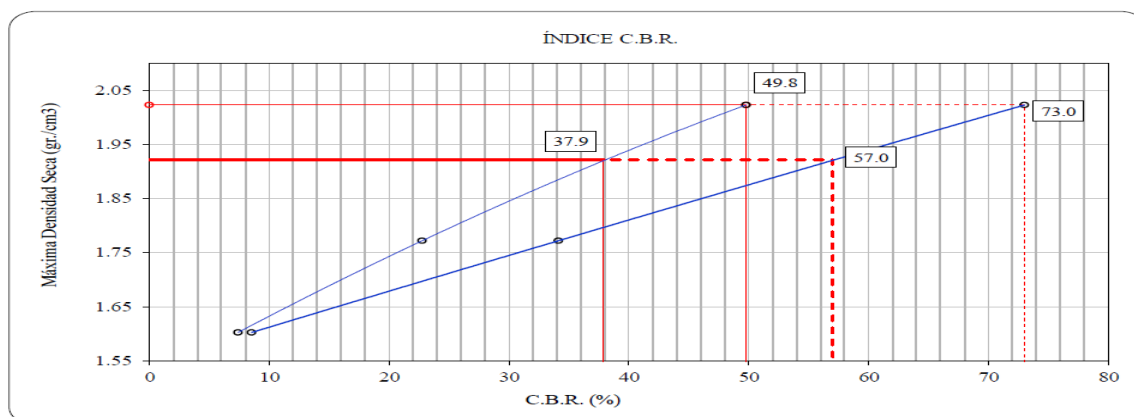
Tabla 32. Resultado de ensayo de CBR de la muestra M-01+1.5% de PET.

| Muestra | Estado de la muestra | Penetración | CBR al 100 % | CBR al 95%   |
|---------|----------------------|-------------|--------------|--------------|
| M - 01  | M-01 + 0.5 % PET     | 0.1"        | 49.8%        | <b>37.9%</b> |
| M - 01  | M-01 + 0.5 % PET     | 0.2"        | 73%          | 57%          |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa el resultado de la muestra M-01 con adición de vidrio, el ensayo de CBR al 95% determino 37.9% de CBR para una penetración de 0.1" por lo que se define que la muestra de suelo en estado natural es considerada como una subrasante excelente, tal como lo establece el manual de carretas –MTC

Figura 55. Diagrama de curva CBR vs densidad seca muestra M-01 + 1.5% PET.



Fuente: Elaboración propia.

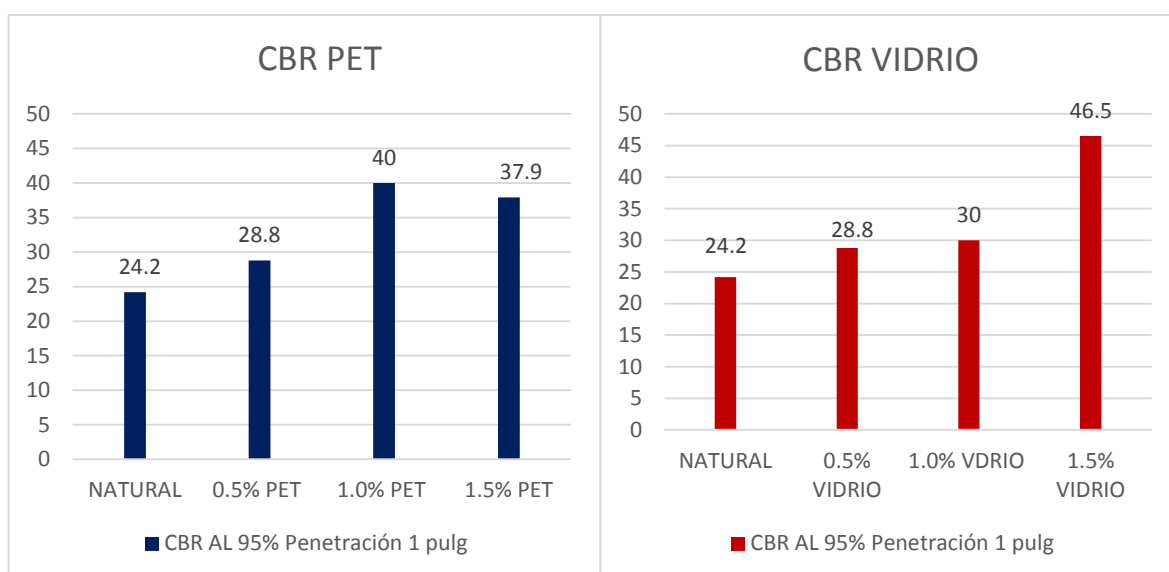
En la figura anterior se observa la curva grafica de la relación de CBR con respecto a la densidad seca, para el CBR al 95% la máxima densidad seca es de 2.04g/cm<sup>3</sup>, el CBR es 37.9% para una penetración de 0.1”.

Tabla 33. Cuadro comparativo de resultado de CBR de la muestra M-01 + dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% de vidrio y PET.

| Ensayo de CBR                  | CBR al 100 %     |                  | CBR al 95 %      |                  |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                | Penetración 0.1" | Penetración 0.2" | Penetración 0.1" | Penetración 0.2" |
| M-01 + Estado Natural          | 29.9 %           | 42.2 %           | <b>24.2 %</b>    | 35.3 %           |
| M-01 + 0.5 % de adición vidrio | 46.9 %           | 61.0 %           | <b>28.8 %</b>    | 34.0 %           |
| M-01 + 1 % de adición vidrio   | 62.6 %           | 73.0 %           | <b>30.0 %</b>    | 37.8 %           |
| M-01 + 1.5 % de adición vidrio | 99.6 %           | 134.6 %          | <b>46.5 %</b>    | 55.0 %           |
| M-01 + 0.5 % de adición PET    | 52.6 %           | 74.0 %           | <b>28.8 %</b>    | 42.0 %           |
| M-01 + 1 % de adición PET      | 76.8 %           | 98.6 %           | <b>40.0 %</b>    | 56.0 %           |
| M-01 + 1.5 % de adición PET    | 49.8 %           | 73.0 %           | <b>37.9 %</b>    | 57.0 %           |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 56. Grafica comparativa CBR de PET y vidrio.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se observa los resultados de ensayo CBR para el vidrio y PET los valores mostrados van en relación a la dimensión de penetración en porcentaje de CBR, observándose que para ambos materiales empleados en la subrasante han logrado elevar el valor de CBR. El vidrio ha mostrado el mejor comportamiento al incrementar el porcentaje de adición de este material incrementa la tasa de crecimiento del CBR. Mientras que para el PET también incrementa el valor del CBR pero se observa una caída al adicionar 1.5% de PET.

**O.E.4 Determinar la influencia de la dosificación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la sub rasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

Para determinar la dosificación se comparó los resultados de los antecedentes tomados para la presente investigación para el vidrio y PET, observar la adición de estos materiales en relación directa con el aumento del valor de resistencia CBR, con lo que plantearemos un porcentaje en la presente investigación y emplear dosificaciones menores o mayores a las empleadas por los antecedentes.

En tal sentido se observaremos los porcentajes de adición de vidrio y PET al suelo de subrasante y tomaremos valores diferentes para corroborar la influencia de la dosificación en la resistencia del suelo observando si la tasa de crecimiento se mantiene o disminuye.



Tabla 34

Comportamiento de presentaciones de Vidrio en diferentes tipos de suelo

| AUTOR   | TITULO  | TIPO DE ESTABILIZADOR |                                | TIPO DE SUELO |  | DOSIFICACIONES | PLASTICIDAD |       |       |         |       |      | COMPACTACIÓN |           |         |           | RESISTENCIA |          |
|---|---|-----------------------|--------------------------------|---------------|--|----------------|-------------|-------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|---------|-----------|-------------|----------|
|   |   |                       |                                |               |  |                | NATURAL     |       |       | TRATADO |       |      | NATURAL      |           | TRATADO |           | CBR         |          |
|   |   |                       |                                |               |  |                | LL %        | LP %  | IP %  | LL %    | LP %  | IP % | OCH %        | MDS gr/cc | OCH %   | MDS gr/cc | NATURA L    | TRATAD O |
| Javed, & Chakraborty<br>2020<br>Bangladesh<br>ASIA                | "Efectos del polvo de vidrio residual en la mejora del suelo de la subrasante"                | VIDRIO                | Pasante Malla N°=200 (0.075mm) | CL            | ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD | 2%             | 49.52       | 28.00 | 21.52 | 44.9    | 26.4  | 18.5 | 17.53        | 1.83      | 16.8    | 1.89      | 1.56%       | 2.45%    |
|   |   |                       |                                |               |  | 4%             |             |       |       | 40.6    | 23.2  | 17.4 |              |           | 15.9    | 1.95      |             | 4.2%     |
|   |   |                       |                                |               |  | 6%             |             |       |       | 38.1    | 21.6  | 16.5 |              |           | 14.6    | 2.00      |             | 6.5%     |
|   |   |                       |                                |               |  | 8%             |             |       |       | 35.6    | 19.3  | 16.3 |              |           | 12.7    | 2.03      |             | 8.9%     |
|   |   |                       |                                |               |  | 10%            |             |       |       | 33.9    | 18.4  | 15.5 |              |           | 10.5    | 2.03      |             | 10.4%    |
| Siyab Khan, Tufail, & Mateeullah.<br>2018.<br>Peshawar, PAKISTAN. | "Efectos del polvo de vidrio residual sobre las propiedades geotécnicas de subsuelos sueltos" | VIDRIO                | Pasante Malla N°200 (0.075mm). | CL-ML         | ARCILLA LIMOSA                         | 4%             | 34.30       | 30.15 | 4.14  | 33.12   | 29.68 | 3.44 | 8.9          | 2.27      | 7.9     | 2.33      | 45.1%       | 51.01%   |
|   |   |                       |                                |               |  | 8%             |             |       |       | 29.70   | 26.54 | 3.16 |              |           | 6.7     | 2.39      |             | 59.61%   |
|   |   |                       |                                |               |  | 12%            |             |       |       | 27.31   | 24.53 | 2.87 |              |           | 5.5     | 2.39      |             |          |

Tabla 35

Comportamiento de presentaciones de PET en diferentes tipos de suelo

|                                     |  |     |   |    |                                       |       |       |       |       |  |  |  |       |       |       |       |         |        |
|-------------------------------------|--|-----|---|----|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|---------|--------|
| Flores León Paola.<br>2019 CHICLAYO | "Evaluación de la adición de fibras pet provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica usat, 2018-2019" | PET | Tamaño 1" o (25mm)                                    | CL | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD           | 1.15% | 25.56 | 15.27 | 10.30 |  |  |  | 14.1  | 1.844 | 14.50 | 1.995 | 16.91 % | 17.93% |
|                                     |  |     |   |    |                                       | 1.25% |       |       |       |  |  |  |       |       | 14.80 | 1.99  |         | 12.50% |
| Ramos Hinojosa.<br>2014 HUANCAYO    | "Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, paucará huancavelica 2014".                             | PET | Pasante Malla N°3/8" (10 mm) y retenida 1/4" (6.3 mm) | CL | ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA | 1.0%  | 32.5  | 17.2  | 15.4  |  |  |  | 10.50 | 1.94  | 10.79 | 1.80  | 3.91%   | 4.70%  |
|                                     |  |     |   |    |                                       | 1.5%  |       |       |       |  |  |  |       |       | 10.52 | 1.74  |         | 4.85%  |
|                                     |  |     |   |    |                                       | 2%    |       |       |       |  |  |  |       |       | 10.70 | 1.78  |         | 4.64%  |

De lo observado en la comparación de antecedentes se plantea que el porcentaje de adición de vidrio y PET al suelo de subrasante tiene un aumento de resistencia para el vidrio a partir de un porcentaje de adición de 2% y para el PET a partir de una adición de 1% con el que los resultados tienen una tasa de crecimiento regular con lo que se corrobora que la adición de 0.5%, 1% y 1.5% para ambos materiales es válido ya que estos porcentajes son diferentes a los planteados por las otras investigaciones y apoyan la idea de economización en costos para su implementación en el uso de carreteras.

## **V. DISCUSIÓN**

## V.DISCUSIÓN

**OG. Evaluar cómo influye la incorporación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la sub rasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

En la investigación de Javed & Chakraborty (2020) el Objetivo fue de ver el efecto de la estabilización del suelo con polvo de vidrio residual mezclando polvo de vidrio Pasante Malla N°200 (0.075mm) en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, logrando una influencia positiva al estabilizarlo aumentando el valor de su CBR de 1.56% clasificado como subrasante inadecuada a un CBR de 10.4% subrasante buena.

Los resultados de la presente investigación se asemejan con los resultados obtenidos por Javed, & Chakraborty 2020, en cuanto a que al agregar polvo de vidrio mejora las propiedades del suelo de subrasante ya que al agregar dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% menores a los mínimos tomados por los investigadores antes mencionados de 2% y 4% se logra en la presente investigación mejorar el CBR incrementando el CBR de 24.2% a 46.5%. pasando de ser una subrasante muy buena a una subrasante excelente, confirmando nuestro objetivo de influenciar en las propiedades de la subrasante, cuando se mezcla la misma con vidrio se estabiliza la subrasante observable en el aumento del valor de resistencia del CBR.

Ramos Hinojosa (2014) en su investigación planteó el Objetivo de dar valor al polímero reciclado PET para usarlo en el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante adicionando PET pasante la malla N° 3/8" y retenido en malla N°1/4", en dosificaciones de 1%, 1.5% y 2%, aumentando el valor del CBR de 3.91% a 4.85%. el que aumenta su valor, pero se mantiene clasificado como subrasante pobre.

Flores León Paola (2019) su objetivo se enfocó en evaluar que sucede al adicionar el plástico PET obtenido del reciclaje de botellas sobre la respuesta físico mecánicas del suelo de subrasante utilizando PET con partículas de tamaño máximo de 25 mm en dosificaciones de 1.15% y 1.25%, el CBR aumento de 16.91% a 17.93%, el cual se clasifica como una subrasante buena.

La presente investigación los resultados de PET se asemejan con los resultados obtenidos por Ramos Hinojosa (2014), en cuanto a que al agregar PET mejora las propiedades del suelo de subrasante, las dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5%

empleadas en la presente investigación son similares a las de Romos Hinojosa que emplea 1%, 1.5% y 2%, los cuales para nuestra investigación aumenta el valor de CBR de 24.2% a 40.2% y para Ramos mejora su CBR de 3.91% a 4.85% y Flores León Paola (2019) demuestra que al mezclar PET de 25 mm aumenta su valor de CBR de 16.91% a 17.93% mostrando ambas investigaciones que el PET también es un buen material influyente en la estabilización de subrasantes.

En sentido general los resultados obtenidos para el vidrio y PET ambos materiales influyen en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo de subrasante, pero el material que ofrece mejores resultados es el vidrio ya que con un bajo porcentaje de adición aumenta el CBR en 50% del valor natural del suelo de subrasante.

### **OE1. Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la plasticidad de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021**

Siyab Khan, Tufail, & Mateeullah (2018) el presente estudio tuvo como objetivo observar los efectos de utilización de residuos de vidrio roto en la mejora geotecnia probándolos en laboratorio para lo cual adiciono porcentajes de 4%, 8% y 12% empleando polvo de vidrio pasante la malla N°200, adicionándolo a un suelo clasificado según SUCS como arcilla limosa CL-ML, concluyendo que la mejor dosificación de vidrio pulverizado es del 8%, ya que el índice de plasticidad disminuye de 4.14% a 2.87% clasificándolo en una plasticidad baja con característica de suelo poco arcilloso, esto debido a que el polvo de vidrio no tiene cohesión.

En la presente investigación los resultados obtenidos en el análisis de plasticidad concuerdan con Siyab Khan, Tufail, & Mateeullah, ya que los valores de IP son cercanos teniendo en cuenta que Siyab Khan, Tufail, & Mateeullah usa vidrio pasante la malla N° 200 y la presente investigación emplea vidrio pasante la malla N°40, viendo esto se observa que los valores son similares esto con una subrasante de la presente investigación clasificado según el metodo SUCS como arena limo – arcillosa con grava, se disminuye el IP natural de 5.57% a 3.57%. con vidrio pasante la malla N°40 (0.42mm) y para Siyab Khan, Tufail, & Mateeullah baja de 4.14% a 2.87%.

En tal sentido se confirma la influencia del vidrio en la disminución del valor de índice de plasticidad del suelo de subrasante a pesar de las diferencias en

granulometría del vidrio aplicado y porcentaje adicionado, la plasticidad tiende a mejorar.

**OE2. Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la compactación de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021**

Javed & Chakraborty (2020) su objetivo fue de ver el efecto de la estabilización del suelo con polvo de vidrio residual para reducir costos y respetar el medio ambiente, con partículas pasante la malla N°200 o 0.075mm en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% obteniendo para el ensayo Proctor modificado con vidrio los resultados de MDS 1.89, 1.95, 2.00, 2.03, y 2.03 g/cc<sup>3</sup>, mayores a la MDS del suelo natural de 1.83 g/cm<sup>3</sup>.

Por tanto, realizando una comparación de resultados del ensayo de Proctor Modificado, podemos decir que se discrepa con Javed & Chakraborty ya que en la presente investigación tenemos un suelo SC-SM (arena limo - arcillosa con grava) y A-2-4(0) según la clasificación SUCS y AASHTO con una MDS natural de 2.17g/cm<sup>3</sup> y con la adición de vidrio disminuye en la mejor dosificación a 2.02 g/cc<sup>3</sup> contrario a lo obtenido por Javed & Chakraborty ya que en suelo natural obtiene una MDS de 1.83 g/cc<sup>3</sup> la cual aumenta para las dosificaciones empleadas de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% respectivamente en 1.89, 1.95, 2.00, 2.03, y 2.03 g/cc<sup>3</sup> y para la presente investigación disminuyen ya que se obtuvo una MDS natural de 2.17 g/cc<sup>3</sup> el cual disminuye para las dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% respectivamente en 2.05, 2.03 y 2.02 gr/cc<sup>3</sup>. Lo mismo sucede con el OCH ya que para Javed & Chakraborty el OCH baja de un valor en suelo natural de 17.53% a 16.8, 15.9, 14.6, 12.7 y 10.5% diferente de la presente que aumenta de un valor en suelo natural de 9.64% a 10.99, 10.27 y 10.20%. demostrándose la discrepancia con el presente antecedente.

Ramos Hinojosa (2014) en su investigación planteó el Objetivo de dar valor al polímero reciclado PET para usarlo en el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante adicionando PET pasante la malla N° 3/8" y retenido en malla N°1/4", en dosificaciones de 1%, 1.5% y 2%, obteniendo para el ensayo Proctor con PET valores de MDS 1.80, 1.74 Y 1.78 g/cm<sup>3</sup>, menores al del suelo natural de 1.94 g/cm<sup>3</sup>.

En ese sentido, realizando una comparación de resultados del ensayo de Proctor Modificado, podemos decir que coincidimos con Ramos Hinojosa ya que en la

presente investigación tenemos un suelo SC-SM (arena limo - arcillosa con grava) y A-2-4(0) según la clasificación SUCS y AASHTO con una MDS natural es 2.17g/cm<sup>3</sup> y con la adición de PET disminuye su valor a 2.05 g/cm<sup>3</sup> lo cual es coincidente con la investigación de Ramos Hinojosa que con un suelo CL (arcilla ligera y tipo grava con arena) según la clasificación SUCS, obtiene MDS disminuida de 1.94 g/cm<sup>3</sup> a 1.74 g/cm<sup>3</sup> lo cual coincidimos entre ambas investigaciones, esto mismo ocurre con el OCH entre ambas investigaciones ya que en la presente investigación el valor aumenta de 9.64% a 11.98% y para Ramos Hinojosa el OCH disminuye de 10.50% a 10.52%.

Con lo antes mencionado en cuanto a los resultados de compactación para el vidrio se puede ver resultados discrepantes en cuanto a la MDS, OCH y para el PET los resultados coinciden ya que la MDS disminuye y el OCH aumenta con lo cual podemos decir que la mejor influencia de mejora de la compactación de la subrasante es el PET ya que el aumento del OCH es mínimo, así como también y la disminución de la MDS.

### **OE3. Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la resistencia de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

En la investigación de Javed & Chakraborty (2020) el Objetivo fue de ver el efecto de la estabilización del suelo con polvo de vidrio residual mezclando polvo de vidrio Pasante Malla N°200 (0.075mm) en un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad) según SUCS, con porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, logrando una influencia positiva al estabilizarlo aumentando el valor de su CBR de 1.56% clasificado como subrasante inadecuada a un CBR de 10.4% subrasante buena.

Por tanto, comparando los resultados del ensayo CBR, podemos decir que hay congruencia de resultados con Javed & Chakraborty, ya que estas investigaciones lograron mejorar el CBR de la subrasante con la adición de vidrio puesto que en la presente investigación en un suelo SC-SM (arena limo - arcillosa con grava) y A-2-4(0) según la clasificación SUCS y AASHTO, y el CBR en suelo natural fue de 24.2% al 95% de MDS y a una penetración de 1", y al adicionar 0.5%, 1% y 1.5% de vidrio, este se incrementa en 28.8%, 30% y 46.5% respectivamente, por tal razón se puede confirmar que la adición de vidrio incrementa el CBR, finalizando que esto favorece a la resistencia de la subrasante.

Ramos Hinojosa (2014) su objetivo dar valor al polímero reciclado PET para usarlo en el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante, con PET pasante la malla N° 3/8" y retenida en 1/4" y un suelo arcilla ligera y tipo grava con arena (CL), dosificaciones de 1%, 1.5% y 2% con CBR obtenido en suelo natural de 3.91% el cual se incrementó a 4.70%, 4.85% y 4.64%.

En ese sentido, comparando los resultados para la diferentes adiciones de PET, el ensayo CBR tiene un efecto positivo en el suelo al aumentar su valor de CBR, por ello podemos decir que hay congruencia de resultados con Ramos Hinojosa ya que estas investigaciones lograron mejorar el CBR de la subrasante con la adición de PET puesto que en la presente investigación en un suelo SC-SM (arena limo - arcillosa con grava) y A-2-4(0) según la clasificación SUCS y AASHTO, y el CBR en suelo natural fue de 24.2% al 95% de MDS y a una penetración de 1", y al adicionar 0.5%, 1% y 1.5% de PET, este se incrementa en 28.8%, 40.2% y 37.9% respectivamente, por tal razón se puede confirmar que la adición de PET incrementa el CBR, finalizando que esto favorece a la resistencia de la subrasante.

#### **OE4. Determinar la influencia de la dosificación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la sub rasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.**

Javed, & Chakraborty (2020) **Objetivo** fue de ver el efecto de la estabilización del suelo con polvo de vidrio residual al emplear polvo de vidrio pasante el tamiz N°200 en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. el CBR aumento de 1.56% a 10.4%.

En ese sentido, comparando los resultados para los diferentes porcentajes de adición de vidrio, podemos decir que hay congruencia de resultados de Javed, & Chakraborty, ya que en su investigación los porcentajes de adición empleados tienen una relación directa con el aumento del valor de resistencia CBR, lo cual se demuestra en la presente investigación al emplear dosificaciones menores a las empleadas por Javed, & Chakraborty, empleando porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% los cuales dieron como resultado 28.8%, 30% y 46.5% que confirma la mejora de la subrasante a medida que se aumenta la dosificación del material de adición.

Ramos Hinojosa (2014) Objetivo de dar valor al polímero reciclado PET para usarlo en el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante con la adición de PET pasante la malla N° 3/8" y retenido en malla N°1/4" en dosificaciones de 1%, 1.5% y 2%. Mejora su CBR de 3.91% a 4.85%.



En ese sentido, comparando los resultados para los diferentes porcentajes de adición de PET, podemos decir que hay congruencia de resultados con Ramos Hinojosa, ya que en todas estas investigaciones los porcentajes de adición empleados tienen una relación directa con el aumento del valor de resistencia CBR, lo cual se demuestra en la presente investigación al emplear dosificaciones similares a las empleadas por Ramos Hinojosa, empleando porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% los cuales dieron como resultado 28.8%, 40.2% y 37.9% que confirma la similitud de resultados y la mejora de la subrasante a medida que se aumenta la dosificación.

En tal sentido se observa que el porcentaje de adición de vidrio al suelo de subrasante aumenta su resistencia a partir de una adición de 0.5% con el que los resultados tienen una tasa aproximada de aumento del 50% de resistencia de su valor inicial en estado natural. Lo mismo se observa para el PET, pero con un porcentaje de incremento aproximado del 15% en relación al valor natural del suelo de subrasante.

## **VI. CONCLUSIONES**

## **VI. CONCLUSIONES**

**A.** Se precisa que los resultados obtenidos para el vidrio y PET ambos materiales influyen en la mejora de las propiedades mecánicas del suelo de subrasante, pero el material que ofrece mejores resultados es el vidrio ya que con un bajo porcentaje de adición se obtiene valores más altos de CBR, ya que con la mejor adición de vidrio de 1.5% el CBR incrementa de 24.2% en suelo natural a 46.5% y para la mejor adición de PET de 1% se obtiene un CBR de 40.2%. confirmando que el mejor resultado de estabilización de suelo se da con el vidrio.

**B.** Se confirma la influencia del vidrio en la disminución del valor de índice de plasticidad del suelo de subrasante, ya que al agregar vidrio pasante la malla N°40 (0.42mm) el IP del suelo natural de 5.57% baja a 3.57% clasificado con IP como suelo de baja plasticidad poco arcilloso.

**C.** Se define que la compactación con la adición de vidrio en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% aumenta el OCH en estado natural de 9.64% a 10.99%, 10.27% y 10.20%, y la MDS disminuye de 2.17%, en estado natural a 2.05%, 2.03%, y 2.02% con la adición de vidrio y para el PET los resultados para el OCH en estado natural aumenta de 9.64% a 10.01%, 11.98% y 10.68%, y la MDS disminuye de 2.17g/cm<sup>3</sup> en estado natural a 2.07, 2.05 y 2.04 g/cm<sup>3</sup>, con lo que se concreta que ambos materiales hay una mínima disminución de la MDS y un aumento del OCH, con una menor diferencia de resultados obtenidos para el PET.

**D.** Se determina que el vidrio y PET adicionado en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% al suelo de subrasante arcilloso mejora su resistencia, de un valor de CBR natural al 95% de MDS y a una penetración de 1" se obtiene un CBR de 24.2%, el que aumenta con 1.5% de vidrio adicionado se obtiene un CBR al 95% de MDS y a una penetración de 1" un CBR de 46.5%, y para una adición de 1% de PET se logra 40.2% de CBR, por tanto, el material que da mejores resultados es el vidrio ya que el valor de CBR alcanzado dobla el valor de su estado inicial.

**E.** Se concluye que la mejor dosificación en porcentaje de adición para el vidrio es de 1.5% en peso seco del suelo, debido a que tiene un aumento de resistencia de CBR progresivo al aumentar la cantidad de vidrio y para el PET el mejor porcentaje de adición es 1% ya que luego de este valor el CBR disminuye su valor.

## **VII. RECOMENDACIONES**

## **VII. RECOMENDACIONES**

- A.** Se recomienda realizar investigaciones adicionando vidrio y pet en otro tipo de suelo como los orgánicos.
- B.** Se recomienda considerar la adición de vidrio al suelo en mayores porcentajes con la finalidad de determinar el comportamiento en las propiedades de la subrasante.
- C.** Se recomienda realizar variaciones en la forma de adicionar los productos de pet y vidrio en la subrasante por ejemplo de manera dispersa para lograr una menor o mayor homogeneidad.
- D.** En futuras investigaciones se recomienda adicionar a la subrasante pet con un tamizado pasante y retenido en la malla N° 3/8” y retenido malla N° 4.
- E.** Se recomienda realizar investigaciones con productos similares al PET y vidrio de tal forma causar menos impacto al medio ambiente y aplicar el concepto de la reutilización de los residuos.

## VIII. REFERENCIAS:

- Bañón Blázquez, Luis, and José Francisco Beviá García. 2010. *Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento*.
- Beltran Rico, Maribel, and Antonio Mancilla Gomis. 2012. "Tecnología de Polímeros Procesado y Propiedades." 310.
- Bernal Torres, Cesar Augusto. 2010. *Metodología de La Investigación*.
- Borja S, Manuel. 2016. "Metodología De La Investigacion Cientifica Para Ingenieros." *Metodologia De La Investigacion Para Ingenieria* 38.
- Bowles, Joseph E. 1981. *Manual de Laboratorio de Suelos En Ingenieria Civil*. Vol. 91.
- Braja M, Das. 2001. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*.
- Del Castillo, Rico. 2005. "La Ingeniería de Los Suelos En Las Vias Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas." 456.
- Enriquez Figueroa, Limberg Artemio, and Teresa Lopez Lara. 2019. *ECOMATERIALES : APLICACIÓN DE MATERIALES RECICLADOS EN PAVIMENTOS*.
- Flores Leon, Paola Imelda. 2019. "Evaluación de La Adición de Fibras PET Provenientes Del Reciclaje de Botellas a La Subrasante Del Suelo, En El Área de Estacionamiento de La Clinica USAT, 2018-2019." Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Freire Alvear, Karlenn Nicol. 2018. "Uso de Vidrio Molido En Las Mezclas Asfálticas , Con El Propósito de Reducir La Contaminación."
- Greenpeace. 2021. "Plásticos - ES | Greenpeace España." Retrieved April 5, 2021 (<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>).
- Hayden K, Webb, Jaimys Arnott, Russell J. Crawford, and Elena P. Ivanova. 2013. "Plastic Degradation and Its Environmental Implications with Special Reference to Poly(Ethylene Terephthalate)." 1–18. doi: 10.3390/polym5010001.
- Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, and Pilar Bapista Lucio. 2014. *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- Javed, Syed Aaqib, and Sudipta Chakraborty. 2020. "Effects of Waste Glass Powder on Subgrade Soil Improvement." *World Scientific News, An International Scientific Journal* 144(March):30–42.
- Kerlinger, Fred N. 1979. "Investigación Del Comportamiento." 827.
- Mancy Mosa, Ahmed. 2017. "Modification of Subgrade Properties Using Waste Material." (August):160–66.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. 2013. *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos*.
- Muños Perez, Liliana. 2012. "Estudio Del Uso Del Polietileno Tereftalato (PET) Como Material de Restitución En Suelos de Baja Capacidad de Carga." 127.
- Ramos Hinojosa, Gabriel Paúl. 2014. "Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante El Uso de Polímeros Reciclados En Carreteras, Paucará - Huancavelica 2014." Universidad nacional del centro del Perú.

- Rocha Álvarez, Delma Esther, Carol Pérez, and Jorge Villanueva. 2020. "Material Ecológico Para Construcción En Vidrio, Arena y Poliplásticos (VAPoli)." *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 30(2):49–66. doi: 10.18359/rcin.4643.
- Rodriguez Moguel, Ernesto A. 2005. *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- Ruiz Ostoic, Lucia. 2019. "Entrevista a La Ministra Del Ambiente, Lucía Ruiz Ostoic | Enfoque Derecho | El Portal de Actualidad Jurídica de THĒMIS." Retrieved April 5, 2021 (<https://www.enfoquederecho.com/2019/05/22/entrevista-a-la-ministra-del-ambiente-lucia-ruiz/>).
- Sabino, Carlos. 1992. *El Proceso de Investigacion*.
- Sanchez Perez, Crosby Joachim, and Renzo Andree Terrones Garcia. 2020. "Esabilización de Suelos Utilizando Hibrido de Polvo de Concha de Abanico y Vidrio Reciclado, Huacacorrall." UCV.
- Sherwell Betancourt, Guillermo Francisco. 2014. "Estudio Del Uso de Polietileno Tereftalato (PET) Como Material de Refuerzo de Estructuras Térreas Conformadas Por Suelo Fino." 132.
- Siyab Khan, Muhammad, Muhammad Tufail, and Mateeullah. 2018. "Effects of Waste Glass Powder on the Geotechnical Properties of Loose Subsoils." *Civil Engineering Journal* 4(9):2044. doi: 10.28991/cej-03091137.
- Villaroel C, Carmen Gloria. 2016. "Compactacion de Suelos." *Geotecnia* 8(1):1–33.
- Zenteno, Sidney. 2018. "Efecto de La Estabilización de Suelos Finos Con Teretalato de Polietileno Como Material de Refuerzo En La Estrcutura de Pavimentos Flexibles Del Distrito de Puno." *Una* 1–254.

## **IX.ANEXOS**



## ANEXO 01

### Matriz de consistencia

| Problema General  | Objetivo general   | Hipótesis general   | V. Dependiente                      | Dimensiones  | Indicadores  | Instrumento                               |
|---|--|---|-------------------------------------|--------------|--|---|
| ¿Cómo influye la incorporación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021? | Evaluar cómo influye la incorporación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.       | El vidrio y P.E.T. Influyen en las propiedades de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021                  | Variable dependiente (y) subrasante | Plasticidad  | Límite líquido límite plástico índice de plasticidad | Ensayo limites de Atterberg ficha técnica |
|   |  |   |                                     | Compactación | Clasificación de suelo                               | Ensayo de granulometría ficha técnica     |
|   |  |   |                                     |              | Óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca   | Ensayo proctor modificado ficha técnica   |
| Resistencia   | Capacidad portante de la subrasante  | Ensayo C.B.R. ficha técnica   |                                     |              |  |   |
| P. Específicos  | O. Específico  | H. Específicas  | V.Independiente                     | Dimensiones  | Indicadores  | Instrumento                               |
| ¿Cómo influye el vidrio y P.E.T. En la plasticidad de la subrasante en el Jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021?                   | Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la plasticidad de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.                    | El vidrio y P.E.T. Influyen en la plasticidad de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.                  | Variable independiente (x1) vidrio  | Dosificación | S + 0.5% VIDRIO                                      | Balanza de medición de peso               |
|   |  |   |                                     |              | S + 1% VIDRIO  |   |
|   |  |   |                                     |              | S + 1.5% VIDRIO                                      |   |
| ¿Cómo influye el vidrio y P.E.T. En la compactación de la subrasante en el Jr.9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021?                   | Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la compactación de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.                   | El vidrio y P.E.T. Influyen en la compactación de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.                 | Variable dependiente (x2) P.E.T     | Dosificación | S + 0.5% PET   |   |
|   |  |   |                                     |              | S + 1% PET   |   |
|   |  |   |                                     |              | S + 1.5% PET   |   |
| ¿cómo influye el vidrio y P.E.T. En la resistencia de la subrasante en el Jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021?                   | Determinar la influencia del vidrio y P.E.T. En la resistencia de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.                    | El vidrio y P.E.T. Influyen en la resistencia de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021.                  |                                     |              |  |   |
| ¿Cómo influye la dosificación de vidrio y P.E.T. En las propiedades subrasante en el Jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021?        | Determinar la influencia de la dosificación de vidrio y P.E.T. En las propiedades de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021. | La dosificación de vidrio y P.E.T. Influyen en las propiedades de la subrasante en el jr. 9 de diciembre, quinua, Ayacucho, 2021. |                                     |              |  |   |

Fuente : Elaboración Propia

## Anexo 02

### Matriz de operacionalización de la variable

| "Estabilización de suelo arcilloso con vidrio y PET, en el Jr. 9 de diciembre, Quinua - Ayacucho, 2021" |   |   |              |   |                    |   |
|---|---|---|--------------|---|--------------------|---|
| Variables   | Definición Conceptual   | Definición Operacional  | Dimensiones  | Indicadores   | Escala de medición | METODOLOGIA   |
| Variable independiente (X1)<br>Vidrio   | Sustancia transparente o translúcida, dura y frágil a la temperatura ordinaria, que se obtiene fundiendo una mezcla de sílice con potasa o sosa y pequeñas cantidades de otras bases, y a la cual pueden darse distintas coloraciones mediante la adición de óxidos metálicos; se emplea para fabricar recipientes, materiales de construcción, lentes ópticas, etc | La variable independiente que es el vidrio tiene una dimensión, tres indicadores y un instrumento con la que será medido                            | Dosificación | S + 0.5% Vidrio                                     | Razón              | <p><b>Tipo de investigación:</b><br/>Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b><br/>Descriptiva – Experimental</p> <p><b>Enfoque de la investigación:</b><br/>Enfoque – Cuantitativo</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b><br/>La investigación se basa en un diseño experimental.</p> <p><b>Unidad de análisis:</b><br/>Población: Suelos del distrito de Quinua.<br/>Muestra: Tramo con presencia de suelo arcilloso del distrito de Quinua.</p> <p><b>Técnica:</b> Observación.</p> <p><b>Instrumento de recolección de datos:</b> Fichas de toma de datos.</p> |
|   |   |   |              | S + 1% Vidrio                                       |                    |   |
|   |   |   |              | S + 1.5% Vidrio                                     |                    |   |
| Variable independiente (X1)<br>P.E.T.   | Es el plástico típico de envases de alimentos y bebidas, gracias a que es ligero, no es caro y es reciclable. Una vez reciclado, el PET se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y, ocasionalmente, en nuevos envases de alimentos.  | La variable independiente que es el plástico reciclado triturado Pet. tiene una dimensión, tres indicadores y un instrumento con la que será medido | Dosificación | S + 0.5% P.E.T                                      | Razón              |   |
|   |   |   |              | S + 1% P.E.T  |                    |   |
|   |   |   |              | S + 1.5% P.E.T                                      |                    |   |
| Variable dependiente (Y)<br>Sub Rasante   | La Subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.  | La Variable dependiente tiene 3 dimensiones y 6 indicadores los cuales tienen un instrumento con la que serán medidos.                              | Plasticidad  | Limite liquido                                      | Razón              |   |
|   |   |   |              | Limite plástico                                     |                    |   |
|   |   |   |              | Índice de Plasticidad                               |                    |   |
|   |   |   | Compactación | Clasificación de suelo                              | Razón              |   |
|   |   |   |              | Óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca. |                    |   |
|   |   |   | Resistencia  | Capacidad portante del suelo.                       | Razón              |   |

Fuente : Elaboración Propia

## ANEXO 03

# VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### ANEXO 05: INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: ZEBALLOS LLACTAHUAMAN LUIS ANDY  
 Institución donde labora : SOILTEST PERÚ S.R.L  
 Especialidad : CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO.  
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s): Martínez Becerra, Roberth Alex

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS       | INDICADORES   | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 |
|-----------------|---|---|---|---|----|---|
| CLARIDAD        | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.  |   |   |   |    | X |
| OBJETIVIDAD     | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.                          |   |   |   | X  |   |
| ACTUALIDAD      | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE  |   |   |   | X  |   |
| ORGANIZACIÓN    | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. |   |   |   |    | X |
| SUFICIENCIA     | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.  |   |   | X |    |   |
| INTENCIONALIDAD | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.   |   |   |   | X  |   |
| CONSISTENCIA    | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.   |   |   |   |    | X |
| COHERENCIA      | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE  |   |   |   | X  |   |
| METODOLOGÍA     | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.   |   |   |   | X  |   |
| PERTINENCIA     | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.   |   |   |   |    | X |
| PUNTAJE TOTAL   |   |   |   |   | 43 |   |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

18

Ayacucho, 06 de MAYO de 2021





**ANEXO 05: INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: MARTINEZ PEREZ RENAN ROSAS  
 Institución donde labora : MULTISERVICIOS CHIRONA  
 Especialidad : ING. GEOTECNICO  
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo GBR.  
 Autor (s) del instrumento (s): Martínez Becerra, Roberth Alex

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

| CRITERIOS            | INDICADORES   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5  |
|----------------------|---|---|---|---|---|----|
| CLARIDAD             | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.  |   |   |   |   | X  |
| OBJETIVIDAD          | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.                   |   |   |   |   | X  |
| ACTUALIDAD           | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>   |   |   |   | X |    |
| ORGANIZACIÓN         | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. |   |   |   |   | X  |
| SUFICIENCIA          | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.  |   |   |   |   | X  |
| INTENCIONALIDAD      | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.   |   |   |   |   | X  |
| CONSISTENCIA         | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.   |   |   |   |   | X  |
| COHERENCIA           | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>   |   |   |   | X |    |
| METODOLOGÍA          | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.   |   |   |   |   | X  |
| PERTINENCIA          | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.   |   |   |   |   | X  |
| <b>PUNTAJE TOTAL</b> |   |   |   |   |   | 48 |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 19

Ayacucho, 08 de MAYO de 2021



*Renán Rosas Martínez Pérez*  
 RENAN ROSAS MARTINEZ PEREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 52358

**ANEXO 05: INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Campos Velazquez Juan Antonio  
 Institución donde labora : Municipalidad Provincial de Huancayo  
 Especialidad : Asistente en Infraestructura  
 Instrumento de evaluación : Contenido de humedad, Análisis granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Ensayo Proctor Modificado y Ensayo CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s): Martínez Becerra, Roberth Alex

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

| CRITERIOS            | INDICADORES   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5         |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----------|
| CLARIDAD             | Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.  |   |   |   |   | X         |
| OBJETIVIDAD          | Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.                   |   |   |   |   | X         |
| ACTUALIDAD           | El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>   |   |   |   |   | X         |
| ORGANIZACIÓN         | Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación. |   |   |   | X |           |
| SUFICIENCIA          | Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.  |   |   |   | X |           |
| INTENCIONALIDAD      | Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.   |   |   |   | X |           |
| CONSISTENCIA         | La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.   |   |   |   |   | X         |
| COHERENCIA           | Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>COLOCAR EL NOMBRE DE LA VARIABLE</b>   |   |   |   |   | X         |
| METODOLOGÍA          | La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.   |   |   |   |   | X         |
| PERTINENCIA          | La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.   |   |   |   | X |           |
| <b>PUNTAJE TOTAL</b> |   |   |   |   |   | <b>46</b> |

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 20

Ayacucho, 07 de Mayo de 2021



Ing. Juan Antonio Campos Velazquez  
CIP. 113480

## ANEXO 04: RESUMEN RESULTADOS ANTECEDENTES.

“Estabilización de suelo arcilloso con vidrio y PET, en el Jr. 9 de diciembre, Quinua - Ayacucho, 2021”

Comportamiento de presentaciones de Vidrio en diferentes tipos de suelo

| AUTOR  | TITULO  | TIPO DE ESTABILIZADOR                |   | TIPO DE SUELO |  | DOBI<br>FICA<br>CION<br>EB | PLASTICIDAD |         |         |         |       |         | COMPACTACIÓN |              |          |              | RESISTENCIA |         |
|--|---|--------------------------------------|---|---------------|--|----------------------------|-------------|---------|---------|---------|-------|---------|--------------|--------------|----------|--------------|-------------|---------|
|  |   |                                      |   |               |  |                            | NATURAL     |         |         | TRATADO |       |         | NATURAL      |              | TRATADO  |              | CBR         |         |
|  |   |                                      |   |               |  |                            | LL<br>%     | LP<br>% | IP<br>% | LL<br>% | LP %  | IP<br>% | OCH<br>%     | MDS<br>gr/cc | OCH<br>% | MDS<br>gr/cc | NATURA<br>L | TRATADO |
| Javed. &<br>Chakraborty<br>2020<br>Bangladesh<br>ASIA                    | "Efectos del polvo de vidrio residual en la mejora del suelo de la subrasante"                              | VIDRIO                               | Pasante Malla N°=200 (0.075mm)                | CL            | ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD | 2%                         | 49.52       | 28.00   | 21.52   | 44.9    | 26.4  | 18.5    | 17.53        | 1.83         | 16.8     | 1.89         | 1.58%       | 2.45%   |
|  |   |                                      |   |               |  | 4%                         |             |         |         | 40.6    | 23.2  | 17.4    |              |              | 15.9     | 1.95         |             | 4.2%    |
|  |   |                                      |   |               |  | 6%                         |             |         |         | 38.1    | 21.6  | 16.5    |              |              | 14.6     | 2.00         |             | 6.5%    |
|  |   |                                      |   |               |  | 8%                         |             |         |         | 35.6    | 19.3  | 16.3    |              |              | 12.7     | 2.03         |             | 8.9%    |
|  |   |                                      |   |               |  | 10%                        |             |         |         | 33.9    | 18.4  | 15.5    |              |              | 10.5     | 2.03         |             | 10.4%   |
| Mansy Mosa<br>2017<br>Baghdad<br>IRAQ                                    | "Modificación de propiedades de subrasante utilizando materiales de desecho"                                | VIDRIO                               | Pasante Malla N°50 (0.425mm) / N°200 (0.075). | CH            | ARCILLA MAL GRADADA (A-7-8)            | 4%                         | 41          | 25      | 16      | 39      | 25.1  | 9.5     | 13.7         | 1.89         | 12.8     | 1.95         | 3.75%       | 8.3     |
|  |   |                                      |   |               |  | 8%                         |             |         |         | 38      | 25.3  | 8.1     |              |              | 12.2     | 1.97         |             | 12.5    |
|  |   |                                      |   |               |  | 12%                        |             |         |         | 36      | 25.2  | 8.6     |              |              | 11.9     | 1.995        |             | 18.0    |
|  |   |                                      |   |               |  | 16%                        |             |         |         | 35.5    | 25    | 8.9     |              |              | 11.3     | 2.02         |             | 21.3    |
|  |   |                                      |   |               |  | 20%                        |             |         |         | 30      | 24.5  | 9.5     |              |              | 10       | 2.07         |             | 26.9    |
| Siyah Khan,<br>Tufail &<br>Mateeullah,<br>2018.<br>Rashwar,<br>PAKISTAN. | "Efectos del polvo de vidrio residual sobre las propiedades geotécnicas de subsuelos sueltos"               | VIDRIO                               | Pasante Malla N°200 (0.075mm).                | CL-ML         | ARCILLA LIMOSA                         | 4%                         | 34.30       | 30.15   | 4.14    | 33.12   | 29.68 | 3.44    | 8.9          | 2.27         | 7.9      | 2.33         | 45.1%       | 51.01%  |
|  |   |                                      |   |               |  | 8%                         |             |         |         | 29.70   | 26.54 | 3.16    |              |              | 6.7      | 2.39         |             | 56.03%  |
|  |   |                                      |   |               |  | 12%                        |             |         |         | 27.31   | 24.53 | 2.87    |              |              | 5.5      | 2.39         |             | 59.61%  |
| Sánchez Pérez, & Terrones García.<br>2020<br>LIMA - PERU                 | "Estabilización de suelos utilizando híbrido de polvo de concha de abanico y vidrio reciclado, Huacacornal" | Concha de abanico y vidrio reciclado | Pasante Malla N°100 (0.15mm).                 | CL            | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD            | 10%                        | 37          | 20.14   | 16.86   | 34.90   | 19.48 | 15.42   | 16.2         | 1.71         | 14.8     | 1.748        | 3.8         | 6.8     |
|  |   |                                      |   |               |  | 15%                        |             |         |         | 31      | 17.74 | 13.26   |              |              | 13.5     | 1.787        |             | 11.9    |
|  |   |                                      |   |               |  | 20%                        |             |         |         | 30      | 17.40 | 12.60   |              |              | 12.2     | 1.807        |             | 16.8    |

Fuente: Elaboración P



**“Estabilización de suelo arcilloso con vidrio y PET, en el Jr. 9 de diciembre, distrito de Quinua - Ayacucho, 2021”**

Comportamiento de presentaciones de PET en diferentes tipos de suelo

| AUTOR                                  | TIPO DE INVESTIGACION  | TIPO DE ESTABILIZADOR |   | TIPO DE SUELO NATURAL |  | DOSIFICACIONES | PLASTICIDAD |       |       | COMPACTACIÓN |           |         |           | RESISTENCIA |         |
|--|--|-----------------------|---|-----------------------|--|----------------|-------------|-------|-------|--------------|-----------|---------|-----------|-------------|---------|
|  |  |                       |   |                       |  |                | NATURAL     |       |       | NATURAL      |           | TRATADO |           | CBR         |         |
|  |  |                       |   |                       |  |                | LL          | LP    | IP    | OCH %        | MDS gr/cc | OCH %   | MDS gr/cc | NATURAL     | TRATADO |
| Flores León Paola.<br>2019<br>CHICLAYO | "Evaluación de la adición de fibras pet provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica usat. 2018-2019" | PET                   | Tamaño 1" o (25mm)                                    | CL                    | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD            | 1.15%          | 25.56       | 15.27 | 10.30 | 14.1         | 1.844     | 14.50   | 1.995     | 16.91%      | 17.93%  |
|  |  |                       |   |                       |  | 1.25%          |             |       |       |              |           | 14.80   | 1.99      |             | 12.50%  |
| Ramos Hinojosa.<br>2014<br>HUANCAYO    | "Mejoramiento de sub-rasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, paucará huancavelica 2014".                            | PET                   | Pasante Malla N°3/8" (10 mm) y retenida 1/4" (6.3 mm) | CL                    | ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA  | 1.0%           | 32.5        | 17.2  | 15.4  | 10.50        | 1.94      | 10.79   | 1.80      | 3.91%       | 4.70%   |
|  |  |                       |   |                       |  | 1.5%           |             |       |       |              |           | 10.52   | 1.74      |             | 4.85%   |
|  |  |                       |   |                       |  | 2%             |             |       |       |              |           | 10.70   | 1.78      |             | 4.64%   |
| Zenteno<br>2018<br>PUNO                | "Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno".  | PET                   | Pasante Malla N° 4 (4.5mm) y Retenido N° 10 (2mm)     | SC                    | ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE LIMOS | 2%             | 26.80       | 19.60 | 7.20  | 14.50        | 1.844     | 15.21   | 1.802     | 28.91%      | 50.65%  |
|  |  |                       |   |                       |  | 4%             |             |       |       |              |           | 15.38   | 1.778     |             | 20.39%  |
|  |  |                       |   |                       |  | 6%             |             |       |       |              |           | 15.45   | 1.756     |             | 19.29%  |
|  |  |                       |   |                       |  | 8%             |             |       |       |              |           | 15.72   | 1.747     |             | 18.38%  |
|  |  |                       |   |                       |  | 10%            |             |       |       |              |           | 16.10   | 1.739     |             | 17.36%  |

Fuente: Elaboración Propia



ANEXO 05: ENSAYOS DE LABORATORIO.



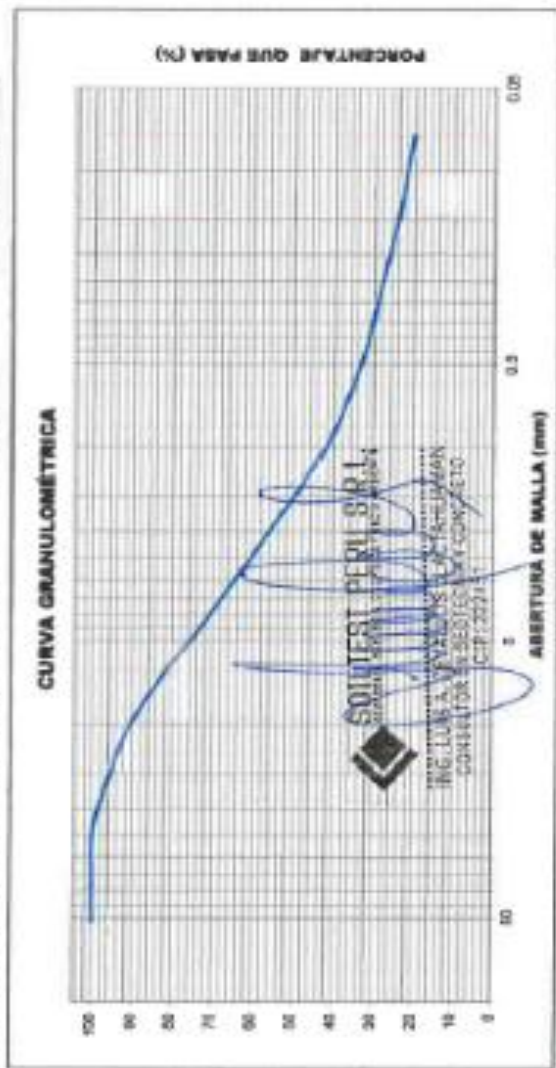
|             |   |                        |  |
|-------------|---|------------------------|--|
| Proyecto    | "ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSO CON MEDIO Y PET. EN EL J.R. 08 DE DICIEMBRE, QUINTA - AYACUCHO 2021" |                        |  |
| Solicitante | - JESUS FERNANDO MARRAS RODRIGUEZ   |                        |  |
| Gerente     | - JEAN PIERRE ZEVALLOS  |                        |  |
| Estado      | - MATERIAL DE SUB BASE / TERRENO NATURAL  |                        |  |
| Fecha       | - 08/10/2021  |                        |  |
|             | Región  | - AYACUCHO             |  |
|             | Provincia   | - QUINTA               |  |
|             | Ciudad  | - QUINTA               |  |
|             | Lugar   | - J.R. 08 DE DICIEMBRE |  |

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS (ASTM DE 422,D 4318, D 2487, D 2216, D 4264, D 854, DE 1557)

| TAMICES ASTM | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | % QUE PASA |
|--------------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|------------|
| 3"           | 76.200        |                    |                      |                        |            |
| 2 1/2"       | 63.500        |                    |                      |                        |            |
| 2"           | 50.800        |                    |                      |                        |            |
| 1 1/2"       | 38.100        | 0.00               | 0.00                 | 0.000                  | 100.00     |
| 1"           | 25.400        | 0.00               | 0.30                 | 0.000                  | 100.00     |
| 3/4"         | 19.050        | 33.98              | 1.86                 | 1.957                  | 98.04      |
| 1/2"         | 12.700        | 76.72              | 4.42                 | 6.377                  | 93.02      |
| 3/8"         | 9.525         | 66.68              | 3.84                 | 10.216                 | 89.79      |
| 1/4"         | 6.350         | 144.33             | 8.31                 | 18.532                 | 81.47      |
| Nº 4         | 4.750         | 119.83             | 6.90                 | 25.434                 | 74.57      |
| Nº 8         | 2.300         | 268.13             | 14.87                | 40.324                 | 59.70      |
| Nº 10        | 2.000         | 60.64              | 3.49                 | 43.797                 | 56.20      |
| Nº 16        | 1.180         | 189.94             | 10.89                | 54.686                 | 45.31      |
| Nº 20        | 0.840         | 191.69             | 6.82                 | 60.509                 | 39.49      |
| Nº 30        | 0.600         | 73.39              | 4.23                 | 64.736                 | 35.26      |
| Nº 40        | 0.426         | 58.66              | 3.36                 | 68.115                 | 31.89      |
| Nº 50        | 0.297         | 44.66              | 2.57                 | 70.688                 | 29.31      |
| Nº 60        | 0.250         | 24.45              | 1.41                 | 72.096                 | 27.90      |
| Nº 80        | 0.177         | 41.89              | 2.42                 | 74.515                 | 25.49      |
| Nº 100       | 0.149         | 22.84              | 1.32                 | 75.836                 | 24.16      |
| Nº 200       | 0.075         | 67.47              | 3.86                 | 79.723                 | 20.28      |
| FONDO LAVADO |               | 73.01              | 16.07                | 95.794                 | 0.00       |
| TOTAL        |               | 1457.00            |                      |                        |            |

| DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO |         | ENSAYO ESTANDAR |       |
|-----------------------------------|---------|-----------------|-------|
| Peso seco inicial (gr)            | 1736.00 | % Grava         | 26.43 |
| Peso seco lavado (gr)             | 1487.00 | % Arena         | 84.29 |
| Pérdida por lavado (gr)           | 279.00  | % Fines         | 20.28 |

| COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA |       |          |       |
|---|-------|----------|-------|
| D10 (mm)                                | 0.037 | D30 (mm) | 0.331 |
| D15 (mm)                                | 0.065 | D50 (mm) | 1.536 |
|   |       | D60 (mm) | 2.425 |
|   |       | D85 (mm) | 7.609 |
|   |       | Co =     | 85.65 |
|   |       | Cu =     | 1.22  |

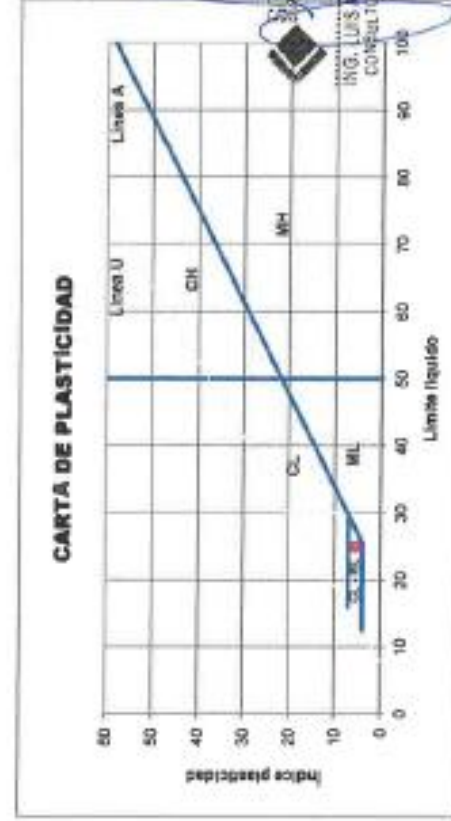
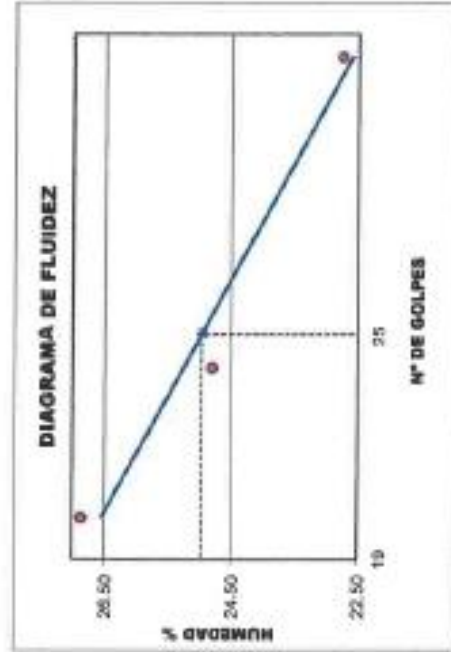


| CLASIFICACION DE SUELOS |  |
|-------------------------|--|
| AASHTO                  | SUCS                                   |
| A-2-4 (0)               | SC-SM ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA |

## **LIMITES DE CONSISTENCIA**

|              |   |  |  |
|--------------|---|--|--|
| Proyecto     | : ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021 |  |  |
| Solicitante  | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   |  |  |
| Ensayado por | : JEAN PIERRE ZEVALLOS  |  |  |
| Estado       | : MATERIAL DE SUB BASE / TERRENO NATURAL  |  |  |
| Fecha        | : 08/03/2021  |  |  |
| Region       | : AYACUCHO  |  |  |
| Provincia    | : QUINUA  |  |  |
| Distrito     | : QUINUA  |  |  |
| Lugar        | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   |  |  |

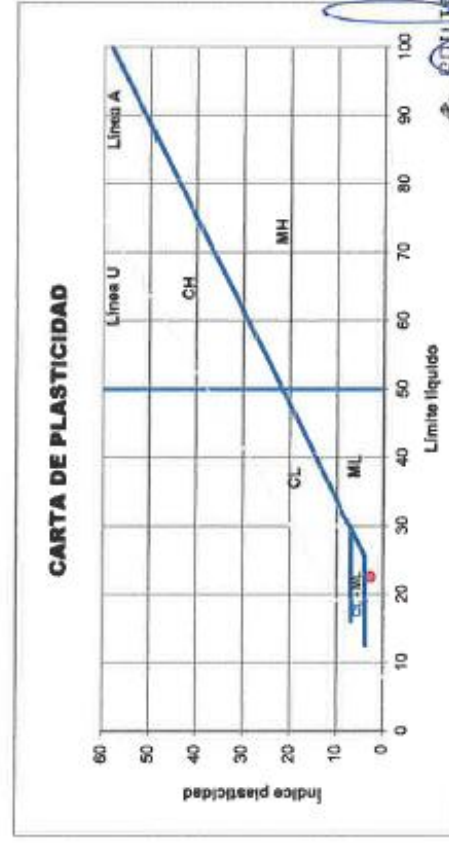
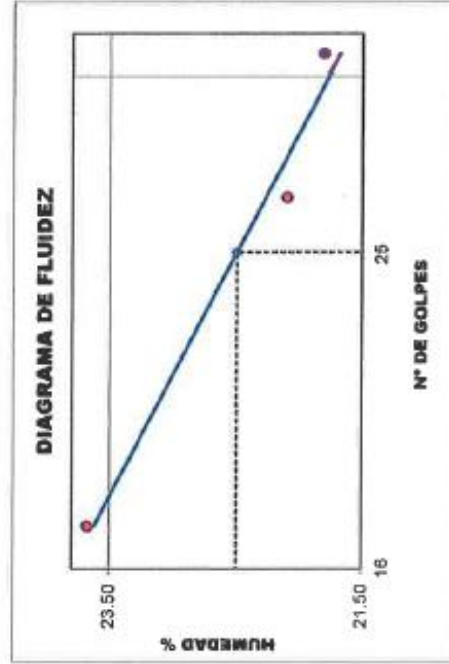
| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO<br>(ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       | LÍMITE PLÁSTICO<br>(ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       | LÍMITES DE CONSISTENCIA |       |
|--------------------------------|---|-------|--|-------|-------------------------|-------|
|                                | Unidades  | 16    | 8  | 15    | 100                     | 69    |
| Peso Recipiente + Suelo Húmedo | gr  | 40.51 | 39.36  | 36.89 | 30.92                   | 28.38 |
| Peso Recipiente + Suelo Seco   | gr  | 37.05 | 35.75  | 33.91 | 29.73                   | 27.89 |
| Peso del Recipiente            | gr  | 24.17 | 21.20  | 20.81 | 23.52                   | 20.31 |
| Peso del Suelo Seco            | gr  | 12.88 | 14.55  | 13.10 | 6.21                    | 7.58  |
| Peso del Agua                  | gr  | 3.46  | 3.61   | 2.68  | 1.19                    | 1.49  |
| Contenido de Humedad           | %   | 26.86 | 24.81  | 22.75 | 19.16                   | 19.66 |
| Numero de Golpes               |   | 20    | 24   | 35    |                         |       |



**SOIL TEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE PRUEBAS DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ING. JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ  
CONSEJERO EN GERENCIA Y CONCRETO  
C.I.P. 223451

|              |   |  |  |
|--------------|---|--|--|
| Proyecto     | : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" |  |  |
| Solicitante  | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   |  |  |
| Ensayado por | : JEAN PIERRE ZEVALLOS  |  |  |
| Estrato      | : TERRENO NATURAL COMBINADO CON VIDRIO MOLIDO UN 0.5%   |  |  |
| Fecha        | : 11/03/2021  |  |  |
| Region       | : AYACUCHO  |  |  |
| Provincia    | : QUINUA  |  |  |
| Distrito     | : QUINUA  |  |  |
| Lugar        | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   |  |  |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       |       |       | LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       | LÍMITES DE CONSISTENCIA |
|--------------------------------|--|-------|-------|-------|---|-------|-------------------------|
|                                | Unidades                                     | 59    | 20    | 60    | 62  | 11    |                         |
| Peso Recipiente + Suelo Húmedo | gr   | 43.35 | 40.18 | 37.68 | 29.72   | 29.86 | LL (%) = 22.49          |
| Peso Recipiente + Suelo Seco   | gr   | 39.59 | 37.23 | 34.72 | 28.28   | 28.41 | LP (%) = 19.66          |
| Peso del Recipiente            | gr   | 23.71 | 23.88 | 21.14 | 20.94   | 21.05 |                         |
| Peso del Suelo Seco            | gr   | 15.88 | 13.35 | 13.58 | 7.34  | 7.36  |                         |
| Peso del Agua                  | gr   | 3.76  | 2.95  | 2.96  | 1.44  | 1.45  |                         |
| Contenido de Humedad           | %  | 23.68 | 22.10 | 21.80 | 19.62   | 19.70 | LL - LP = IP (%) = 2.83 |
| Número de Golpes               |  | 17    | 27    | 33    |   |       | NO PLÁSTICO             |





Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

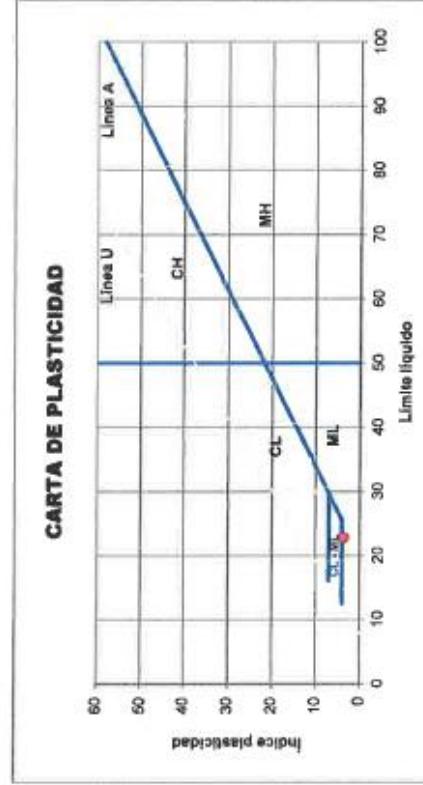
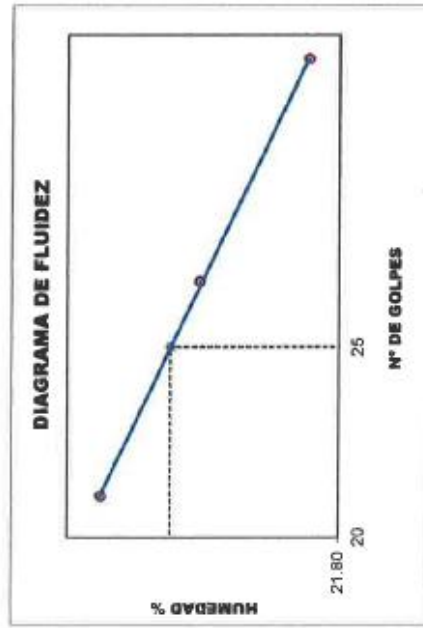
Solicitante : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ Region : AYACUCHO

Ensayado por : JEAN PIERRE ZEVALLOS Provincia : QUINUA

Estrato : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.0% Distrito : QUINUA

Fecha : 11/03/2021 Lugar : Jr. 09 DE DICIEMBRE

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        | LÍMITE LÍQUIDO<br>(ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       |       | LÍMITE PLÁSTICO<br>(ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       |       | LÍMITES DE CONSISTENCIA |          |                      |
|--------------------------------|---|-------|-------|--|-------|-------|-------------------------|----------|----------------------|
|                                | Unidades  | 12    | 19    | 100  | 63    | 18    | LL (%) =                | LP (%) = | LL - LP = IP (%) =   |
| Peso Recipiente + Suelo Húmedo | gr  | 45.31 | 39.24 | 41.15  | 32.17 | 29.48 | 22.73                   |          |                      |
| Peso Recipiente + Suelo Seco   | gr  | 41.29 | 35.94 | 37.98  | 30.76 | 28.19 |                         | 19.01    |                      |
| Peso del Recipiente            | gr  | 23.90 | 21.32 | 23.55  | 23.39 | 21.36 |                         |          |                      |
| Peso del Suelo Seco            | gr  | 17.39 | 14.62 | 14.43  | 7.37  | 6.83  |                         |          |                      |
| Peso del Agua                  | gr  | 4.02  | 3.30  | 3.17   | 1.41  | 1.29  |                         |          |                      |
| Contenido de Humedad           | %   | 23.12 | 22.57 | 21.97  | 19.13 | 18.89 |                         |          |                      |
| Número de Golpes               |   | 21    | 27    | 35   |       |       |                         |          | LIGERAMENTE PLÁSTICO |

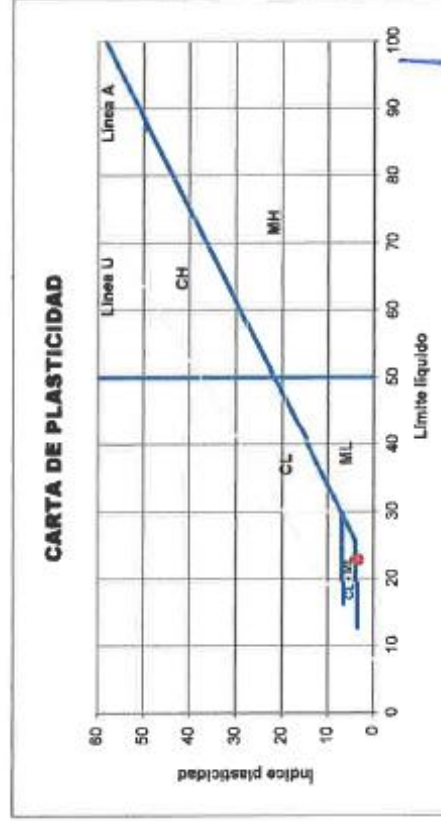
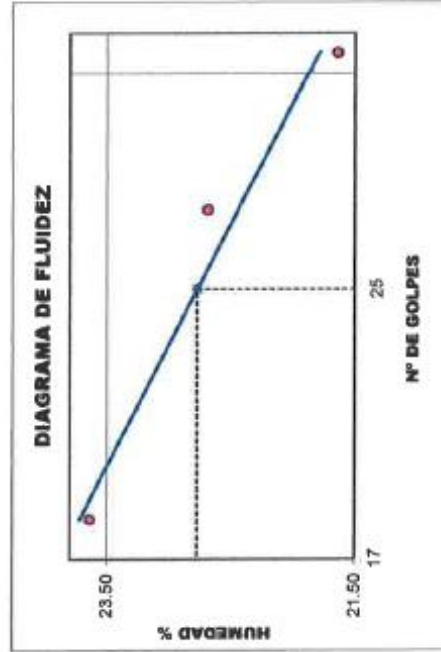


Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Solicitante : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ  
 Ensayado por : JEAN PIERRE ZEVALLOS  
 Estrato : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.5%  
 Fecha : 11/03/2021

Region : AYACUCHO  
 Provincia : QUINUA  
 Distrito : QUINUA  
 Lugar : Jr. 09 DE DICIEMBRE

| LÍMITES DE CONSISTENCIA        |          | LÍMITE LÍQUIDO<br>(ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       | LÍMITE PLÁSTICO<br>(ASTM D-4319, MTC E 111-2000) |       | LÍMITES DE CONSISTENCIA     |       |
|--------------------------------|----------|---|-------|--|-------|-----------------------------|-------|
| Recipiente                     | Unidades | 9   | 58    | 5  | 75    | LL (%) =                    | 22.77 |
| Peso Recipiente + Suelo Húmedo | gr       | 43.19   | 40.91 | 39.38  | 31.77 | LP (%) =                    | 19.20 |
| Peso Recipiente + Suelo Seco   | gr       | 39.01   | 37.26 | 36.10  | 30.53 | LL - LP = IP (%) =          | 3.57  |
| Peso del Recipiente            | gr       | 21.33   | 21.17 | 20.94  | 23.87 | <b>LIGERAMENTE PLÁSTICO</b> |       |
| Peso del Suelo Seco            | gr       | 17.68   | 16.09 | 15.16  | 6.66  |                             |       |
| Peso del Agua                  | gr       | 4.18  | 3.65  | 3.28   | 1.24  |                             |       |
| Contenido de Humedad           | %        | 23.64   | 22.68 | 21.64  | 18.62 |                             |       |
| Número de Golpes               |          | 18  | 28    | 35   |       |                             |       |



## **PROCTOR MODIFICADO**





**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041

Serie Molde proctor: 041

Vigencia:

"ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Registro N°:

**021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha:

**11/03/2021**

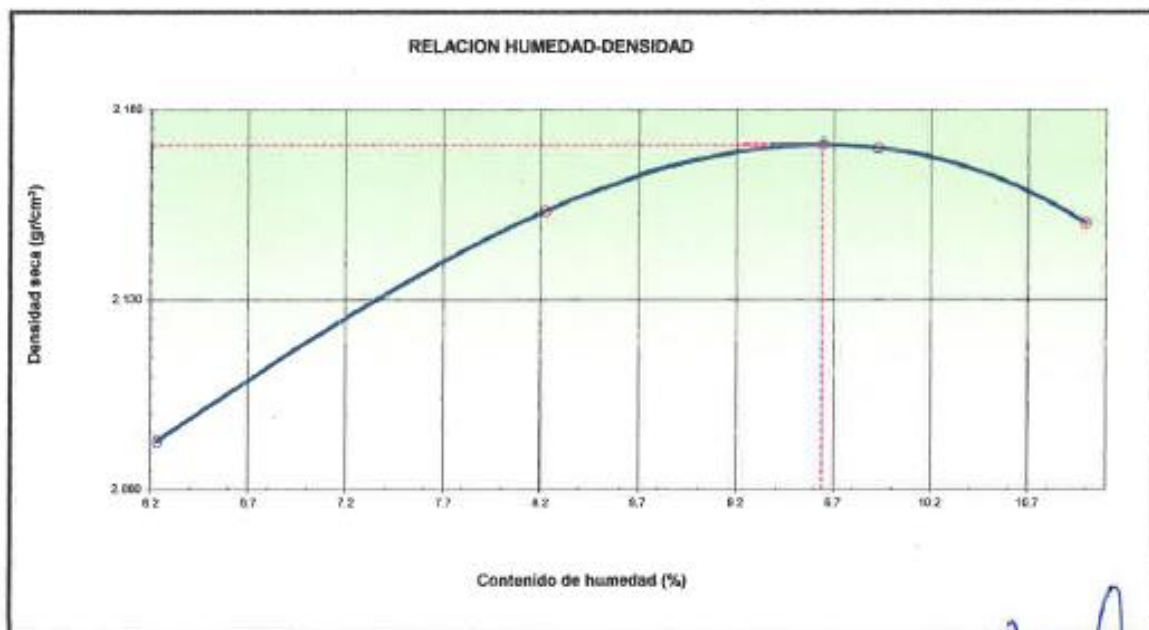
**I. Datos Generales**

PROCEDENCIA : JR . 09 DE DICIEMBRE  
 ENSAYADO POR : JEAN PIERRE ZEVALLOS  
 MATERIAL : ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA  
 PROFUND. : 1.50

CLASF. (SUCS) : SC - SM  
 CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0)

**Metodo B**

| Numero de Ensayo                           |                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5    |
|--|--------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Peso suelo + molde                         | gr                 | 3621  | 3707  | 3751  | 3752  |      |
| Peso molde                                 | gr                 | 1838  | 1838  | 1838  | 1838  |      |
| Peso suelo húmedo compactado               | gr                 | 1783  | 1869  | 1913  | 1914  |      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 802   | 802   | 802   | 802   |      |
| Peso volumétrico húmedo                    | gr                 | 2     | 2     | 2     | 2     |      |
| Recipiente N°                              |                    | -     | -     | -     | -     |      |
| Peso del suelo húmedo+tara                 | gr                 | 94    | 72    | 105   | 95    |      |
| Peso del suelo seco + tara                 | gr                 | 91    | 70    | 100   | 90    |      |
| Tara                                       | gr                 | 44    | 42    | 44    | 44    |      |
| Peso de agua                               | gr                 | 3     | 2     | 5     | 5     |      |
| Peso del suelo seco                        | gr                 | 46    | 28    | 55    | 46    |      |
| Contenido de agua                          | %                  | 6.24  | 8.23  | 9.93  | 10.99 |      |
| Peso volumétrico seco                      | gr/cm <sup>3</sup> | 2.098 | 2.183 | 2.170 | 2.180 |      |
| <i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i> |                    |       |       |       |       | 2.17 |
| <i>Humedad Óptima (%)</i>                  |                    |       |       |       |       | 9.84 |



  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 22245



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041  
Serie Molde proctor: 041  
Vigencia:

\*ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021\*

Registro N°: **021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha: **25/03/2021**

**I. Datos Generales**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| PROCEDENCIA : JR. 09 DE DICIEMBRE   | CLASF. (SUCS) : SC-5M       |
| ENSAYADO POR : JEAN PIERRE ZEVALLOS   | CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0) |
| MATERIAL : ARENA LIMA - ARCILLOSA CON GRAVA / TERRENO NATURAL CON PET UN 0.5% |                             |
| PROFUND. : 1.50   |                             |

**Metodo B**

| Numero de Ensayo             |                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde           | gr                 | 3715  | 3928  | 3815  | 3715  |       |
| Peso molde                   | gr                 | 1829  | 1839  | 1764  | 1650  |       |
| Peso suelo húmedo compactado | gr                 | 1886  | 2089  | 2051  | 2059  |       |
| Volumen del molde            | cm <sup>3</sup>    | 922   | 917   | 922   | 917   |       |
| Peso volumétrico húmedo      | gr                 | 2     | 2     | 2     | 2     |       |
| Recipiente N°                |                    | -     | -     | -     | -     |       |
| Peso del suelo húmedo+tara   | gr                 | 89    | 102   | 102   | 100   |       |
| Peso del suelo seco + tara   | gr                 | 85    | 96    | 96    | 94    |       |
| Tara                         | gr                 | 44    | 42    | 42    | 45    |       |
| Peso de agua                 | gr                 | 3     | 5     | 6     | 6     |       |
| Peso del suelo seco          | gr                 | 41    | 55    | 53    | 49    |       |
| Contenido de agua            | %                  | 8.49  | 9.94  | 11.60 | 13.12 |       |
| Peso volumétrico seco        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.885 | 2.073 | 1.993 | 1.986 |       |
|                              |                    |       |       |       |       | 2.07  |
|                              |                    |       |       |       |       | 10.01 |

Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  
Humedad óptima (%)



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 ING. LUISA ZEVALLOS LACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 OIP: 222451



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041

Serie Molde proctor: 041

Vigencia:

"ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Registro N°: **021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha: **25/03/2021**

**I. Datos Generales**

PROCEDENCIA : JR. 09 DE DICIEMBRE

CLASF. (SUCS) : **SC - SM**

ENSAYADO POR : JEAN PIERRE ZEVALLOS

CLASF. (AASHTO) : **A-2-4 (0)**

MATERIAL : ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA / TERRENO NATURAL CON PET UN 1.0%

PROFUND. : 1.50

**Metodo B**

| Numero de Ensayo                           |                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|--|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde                         | gr                 | 3711  | 3841  | 3884  | 3694  |       |
| Peso molde                                 | gr                 | 1829  | 1839  | 1764  | 1656  |       |
| Peso suelo húmedo compactado               | gr                 | 1882  | 2002  | 2120  | 2028  |       |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 922   | 917   | 922   | 917   |       |
| Peso volumétrico húmedo                    | gr                 | 2     | 2     | 2     | 2     |       |
| Recipiente N°                              |                    | -     | -     | -     | -     |       |
| Peso del suelo húmedo+tara                 | gr                 | 89    | 102   | 102   | 100   |       |
| Peso del suelo seco + tara                 | gr                 | 86    | 86    | 85    | 83    |       |
| Tara                                       | gr                 | 44    | 42    | 42    | 45    |       |
| Peso de agua                               | gr                 | 3     | 5     | 6     | 7     |       |
| Peso del suelo seco                        | gr                 | 41    | 55    | 53    | 48    |       |
| Contenido de agua                          | %                  | 7.83  | 9.94  | 12.04 | 13.99 |       |
| Peso volumétrico seco                      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.891 | 1.887 | 2.052 | 1.941 |       |
| <i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i> |                    |       |       |       |       | 2.05  |
| <i>Humedad óptima (%)</i>                  |                    |       |       |       |       | 11.88 |



  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOFISICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS L. PACHAHUAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222411





**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041

Serie Molde proctor: 041

Vigencia:

\*ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021\*

Registro N°: **021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha: **25/03/2021**

**I. Datos Generales**

|              |  |                 |             |
|--------------|--|-----------------|-------------|
| PROCEDENCIA  | : JR. 09 DE DICIEMBRE  | CLASF. (SUCS)   | : SC - SM   |
| ENSAYADO POR | : JEAN PIERRE ZEVALLOS   | CLASF. (AASHTO) | : A-2-4 (0) |
| MATERIAL     | : ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA / TERRENO NATURAL CON PET UN 1.5% |                 |             |
| PROFUND.     | : 1.50   |                 |             |

**Metodo B**

| Numero de Ensayo             |                    | 1     | 2     | 3                                     | 4     | 5     |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|
| Peso suelo + molde           | gr                 | 3756  | 3890  | 3860                                  | 3757  |       |
| Peso molde                   | gr                 | 1829  | 1839  | 1764                                  | 1856  |       |
| Peso suelo húmedo compactado | gr                 | 1927  | 2051  | 2096                                  | 2101  |       |
| Volumen del molde            | cm <sup>3</sup>    | 922   | 917   | 922                                   | 917   |       |
| Peso volumétrico húmedo      | gr                 | 2     | 2     | 2                                     | 2     |       |
| Recipiente N°                |                    | -     | -     | -                                     | -     |       |
| Peso del suelo húmedo+tara   | gr                 | 89    | 102   | 102                                   | 100   |       |
| Peso del suelo seco + tara   | gr                 | 86    | 96    | 96                                    | 93    |       |
| Tara                         | gr                 | 44    | 42    | 42                                    | 45    |       |
| Peso de agua                 | gr                 | 3     | 5     | 6                                     | 7     |       |
| Peso del suelo seco          | gr                 | 41    | 55    | 53                                    | 48    |       |
| Contenido de agua            | %                  | 7.93  | 9.96  | 11.93                                 | 14.01 |       |
| Peso volumétrico seco        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.938 | 2.035 | 2.030                                 | 2.011 |       |
|                              |                    |       |       | Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) |       | 2.04  |
|                              |                    |       |       | Humedad óptima (%)                    |       | 10.68 |



  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 INGENIERIA, CONSULTORIA, GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO.  
 CIP: 222451



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041

Serie Molde proctor: 041

Vigencia:

"ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Registro N°:

**021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha:

**14/03/2021**

**I. Datos Generales**

PROCEDENCIA : JR. 09 DE DICIEMBRE

CLASF. (SUCS) :

SC

ENSAYADO POR : JEAN PIERRE ZEVALLOS

CLASF. (AASHTO) :

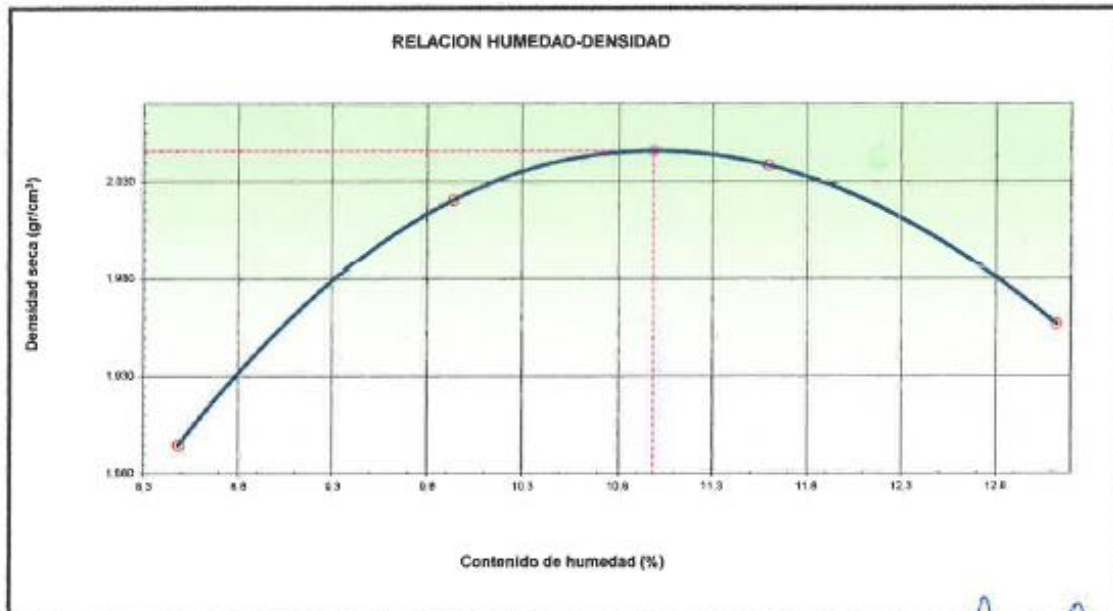
A-2-4 (0)

MATERIAL : ARENA ARCILLOSA CON GRAVA / TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 0.5%

PROFUND. : 1.50

**Metodo B**

| Numero de Ensayo                           |                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|--|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde                         | gr                 | 3725  | 3875  | 3882  | 3685  |       |
| Peso molde                                 | gr                 | 1829  | 1839  | 1784  | 1658  |       |
| Peso suelo húmedo compactado               | gr                 | 1896  | 2036  | 2098  | 2029  |       |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 922   | 917   | 922   | 917   |       |
| Peso volumétrico húmedo                    | gr                 | 2     | 2     | 2     | 2     |       |
| Recipiente N°                              |                    | -     | -     | -     | -     |       |
| Peso del suelo húmedo+tara                 | gr                 | 89    | 102   | 102   | 100   |       |
| Peso del suelo seco + tara                 | gr                 | 95    | 95    | 90    | 84    |       |
| Tara                                       | gr                 | 44    | 42    | 42    | 45    |       |
| Peso de agua                               | gr                 | 3     | 5     | 6     | 6     |       |
| Peso del suelo seco                        | gr                 | 41    | 55    | 53    | 49    |       |
| Contenido de agua                          | %                  | 8.49  | 9.94  | 11.80 | 13.12 |       |
| Peso volumétrico seco                      | gr/cm <sup>3</sup> | 1.896 | 2.021 | 2.038 | 1.987 |       |
| <i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i> |                    |       |       |       |       | 2.06  |
| <i>Humedad óptima (%)</i>                  |                    |       |       |       |       | 10.99 |



  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEORRICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMA  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041

Serie Molde proctor: 041

Vigencia:

"ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Registro N°: **021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha: **14/03/2021**

**I. Datos Generales**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| PROCEDENCIA : JR. 09 DE DICIEMBRE  | CLASF. (SUCS) : SC          |
| ENSAYADO POR : JEAN PIERRE ZEVALLOS  | CLASF. (AASHTO) : A-2-4 (0) |
| MATERIAL : ARENA ARCILLOSA CON GRAVA / TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.0% |                             |
| PROFUND. : 1.50  |                             |

**Metodo B**

| Numero de Ensayo             |                    | 1     | 2     | 3                                     | 4     | 5     |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|
| Peso suelo + molde           | gr                 | 3718  | 3858  | 3814                                  | 3668  |       |
| Peso molde                   | gr                 | 1829  | 1839  | 1784                                  | 1656  |       |
| Peso suelo húmedo compactado | gr                 | 1889  | 2019  | 2050                                  | 2012  |       |
| Volumen del molde            | cm <sup>3</sup>    | 922   | 917   | 922                                   | 917   |       |
| Peso volumétrico húmedo      | gr                 | 2     | 2     | 2                                     | 2     |       |
| Recipiente N°                |                    | -     | -     | -                                     | -     |       |
| Peso del suelo húmedo+tara   | gr                 | 89    | 102   | 102                                   | 100   |       |
| Peso del suelo seco + tara   | gr                 | 85    | 97    | 98                                    | 94    |       |
| Tara                         | gr                 | 44    | 42    | 42                                    | 45    |       |
| Peso de agua                 | gr                 | 3     | 5     | 6                                     | 6     |       |
| Peso del suelo seco          | gr                 | 41    | 55    | 53                                    | 49    |       |
| Contenido de agua            | %                  | 8.22  | 9.50  | 11.83                                 | 13.22 |       |
| Peso volumétrico seco        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.892 | 2.012 | 1.988                                 | 1.939 |       |
|                              |                    |       |       | Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) |       | 2.03  |
|                              |                    |       |       | Humedad óptima (%)                    |       | 10.27 |



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451





**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-698, MTC-116)**

Serie Martillo Proctor: 041

Serie Molde proctor: 041

Vigencia:

"ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Registro N°: **021**

UBICACIÓN: QUINUA

Fecha: **14/03/2021**

**I. Datos Generales**

PROCEDENCIA : JR. 09 DE DICIEMBRE

CLASF. (SUCS) : **SC**

ENSAYADO POR : JEAN PIERRE ZEVALLOS

CLASF. (AASHTO) : **A-2-4 (0)**

MATERIAL : ARENA ARCILLOSA CON GRAVA / TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.5%

PROFUND. : 1.50

**Metodo B**

| Numero de Ensayo             |                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5                                     |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
| Peso suelo + molde           | gr                 | 3711  | 3855  | 3621  | 3675  |                                       |
| Peso molde                   | gr                 | 1829  | 1839  | 1764  | 1858  |                                       |
| Peso suelo húmedo compactado | gr                 | 1882  | 2016  | 2057  | 2019  |                                       |
| Volumen del molde            | cm <sup>3</sup>    | 922   | 917   | 922   | 917   |                                       |
| Peso volumétrico húmedo      | gr                 | 2     | 2     | 2     | 2     |                                       |
| Recipiente N°                |                    | -     | -     | -     | -     |                                       |
| Peso del suelo húmedo+tara   | gr                 | 89    | 102   | 102   | 100   |                                       |
| Peso del suelo seco + tara   | gr                 | 85    | 97    | 96    | 94    |                                       |
| Tara                         | gr                 | 44    | 42    | 42    | 45    |                                       |
| Peso de agua                 | gr                 | 3     | 5     | 6     | 6     |                                       |
| Peso del suelo seco          | gr                 | 41    | 55    | 54    | 49    |                                       |
| Contenido de agua            | %                  | 8.22  | 9.50  | 10.93 | 12.04 |                                       |
| Peso volumétrico seco        | gr/cm <sup>3</sup> | 1.885 | 2.009 | 2.010 | 1.966 |                                       |
|                              |                    |       |       |       |       | Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|                              |                    |       |       |       |       | Humedad óptima (%)                    |
|                              |                    |       |       |       |       | 2.02                                  |
|                              |                    |       |       |       |       | 10.20                                 |



  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 GEOTECNIA, GEOLOGIA, GEOTECNICA Y MEDIO AMBIENTE  
 ING. LUIS ZEVALLOS LLACAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

**CBR**





INFORME

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

|                       |   |                 |                |
|-----------------------|---|-----------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°     | PT-LF-021-2020 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por  | : Jean P.      |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por    | : Willy J.     |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo | : 17/03/2021   |
| Material              | : TERRENO NATURAL   | Turno           | : Diurno       |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad     | : 1.50 m       |
| Procedencia           | : C-1   |                 |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                 |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                 |                |

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1553

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

|                             | 1           |          | 2           |          | 3           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Molde N°                    | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 50          |          | 20          |          | 12          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 11,565      | 11,514   | 11,852      | 11,242   | 11,574      | 11,805   |
| Peso molde (gr.)            | 0,920       | 0,920    | 7,173       | 7,073    | 7,074       | 7,074    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 5,069       | 4,594    | 4,679       | 4,789    | 4,200       | 4,600    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,127       | 2,128    | 2,151       | 2,132    | 2,126       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,383       | 2,159    | 2,180       | 2,237    | 1,960       | 1,879    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 2,170       | 1,961    | 1,935       | 1,971    | 1,859       | 1,858    |

CONTENIDO DE HUMEDAD

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 23.1 | 22.6 | 21.6 | 22.6 | 20.4 | 21.1 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 39.5 | 49.3 | 90.1 | 56.4 | 55.2 | 34.4 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 38.0 | 45.9 | 55.5 | 50.7 | 53.8 | 36.3 |
| Peso de agua (gr.)        | 0.9  | 3.3  | 4.7  | 3.7  | 4.3  | 4.0  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 55.9 | 23.4 | 33.8 | 28.1 | 33.4 | 28.1 |
| Humedad (%)               | 5.5  | 14.1 | 13.6 | 13.2 | 13.0 | 13.7 |

EXPANSIÓN

| Fecha        | Hora | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.01" | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|--------------|------|--------------|---------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|              |      |              |               | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| NO EXPANSIVO |      |              |               |           |   |      |           |   |      |           |   |

PENETRACIÓN

| Penetración<br>(milg.) | Carga Standard<br>(kg/cm²) | Molde N° 3 |        |            |       | Molde N° 2 |        |            |       | Molde N° 1 |        |            |       |
|------------------------|----------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                            | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                            | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                            | 34.85      | 1.7    |            |       | 20.67      | 1.0    |            |       | 10.21      | 0.5    |            |       |
| 0.050                  |                            | 113.40     | 5.6    |            |       | 32.57      | 1.6    |            |       | 20.54      | 1.4    |            |       |
| 0.075                  |                            | 256.61     | 14.8   |            |       | 103.04     | 5.1    |            |       | 42.15      | 2.1    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                     | 441.25     | 21.8   | 21.0       | 29.9  | 299.20     | 14.8   | 12.5       | 17.8  | 49.90      | 2.5    | 2.5        | 3.6   |
| 0.150                  |                            | 972.24     | 32.3   |            |       | 424.32     | 21.0   |            |       | 71.44      | 3.6    |            |       |
| 0.200                  | 105.480                    | 651.53     | 44.2   | 44.5       | 42.2  | 565.05     | 28.0   | 20.5       | 27.0  | 89.04      | 4.4    | 4.5        | 4.3   |
| 0.300                  |                            | 1242.05    | 61.5   |            |       | 798.30     | 39.4   |            |       | 122.00     | 6.0    |            |       |
| 0.400                  |                            | 1530.71    | 75.9   |            |       | 1074.07    | 53.2   |            |       | 147.23     | 7.5    |            |       |
| 0.500                  |                            | 1785.01    | 87.4   |            |       | 1327.29    | 65.7   |            |       | 177.60     | 8.8    |            |       |

OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ING. LUIS A. ZAMBRANO CASTAÑAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

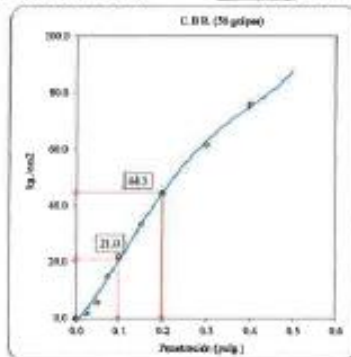
|                       |   |                  |                |
|-----------------------|---|------------------|----------------|
| Proyecto              | : *ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021* | Registro N°:     | PT-LF-021-2020 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por : | Jean P.        |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por :   | Willy J.       |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo: | 17/03/2021     |
| Material              | : TERRENO NATURAL   | Turno:           | Diurno         |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:     | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                  |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                  |                |
| Progreiva             | : progresiva 00+000   |                  |                |

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

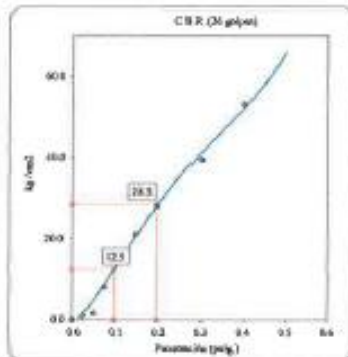
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.171 gr./cm<sup>3</sup>  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 2.052 gr./cm<sup>3</sup>

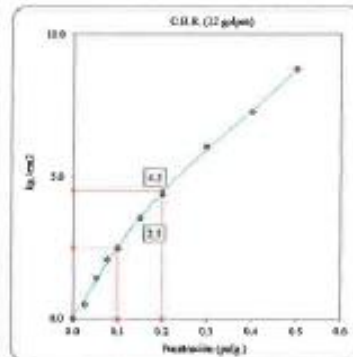
Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 9.6 %



C.B.R. (0.1') 56 GOLPES: 29.9 %

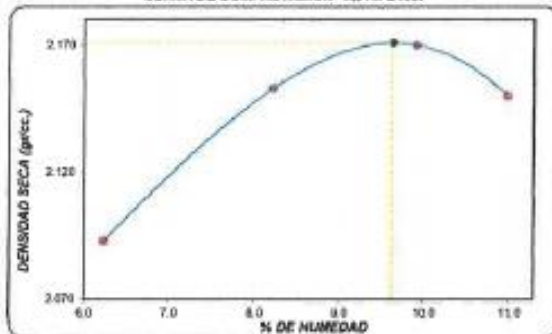


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES: 17.8 %



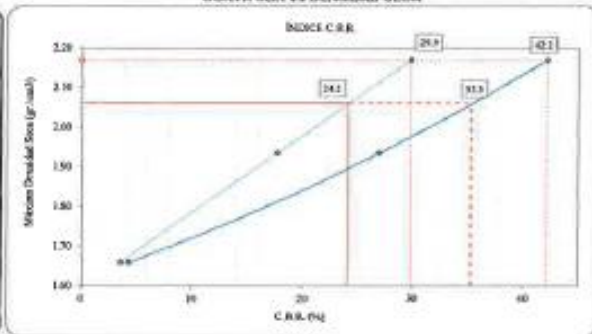
C.B.R. (0.1') 12 GOLPES: 3.8 %

**GURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': 29.9 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1': 24.2 %

**GURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': 42.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2': 35.3 %

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.

SOILTEST PERU S.R.L.  
ING. LUIS A. JAVALLS LLACTAHUAMAN  
INGENIERO EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 22265



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIAS

**INFORME**

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

|                       |   |                 |                |
|-----------------------|---|-----------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°:    | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por  | : Jean P.      |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por    | : Willy J.     |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo | : 01/04/2021   |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON PET UN 0,5 %  | Turno           | : Diurno       |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:    | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                 |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                 |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                 |                |

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                    | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             |             |          |             |          |             |          |
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 50          |          | 25          |          | 12          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 11,772      | 11,457   | 11,771      | 11,028   | 11,808      | 11,428   |
| Peso molde (gr.)            | 6,920       | 6,920    | 7,173       | 7,173    | 7,574       | 7,152    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,852       | 4,537    | 4,598       | 4,455    | 4,294       | 4,276    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,127       | 2,128    | 2,131       | 2,132    | 2,129       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,281       | 2,132    | 2,158       | 2,089    | 2,065       | 2,008    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 2,070       | 1,935    | 1,936       | 1,875    | 1,835       | 1,785    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 31.6 | 12.9 | 17.1 | 21.2 | 22.3 | 22.2 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 39.8 | 49.2 | 59.8 | 54.1 | 57.0 | 64.0 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 39.0 | 45.9 | 55.4 | 50.7 | 63.9 | 60.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 0.8  | 3.3  | 4.3  | 3.4  | 4.0  | 3.5  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 7.4  | 33.0 | 36.3 | 29.9 | 31.6 | 28.2 |
| Humedad (%)               | 10.4 | 10.0 | 11.4 | 11.5 | 12.6 | 12.6 |

**EXPANSIÓN**

| Fecha               | Hora | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.01" | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|---------------------|------|--------------|---------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|                     |      |              |               | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| <b>NO EXPANSIVO</b> |      |              |               |           |   |      |           |   |      |           |   |

**PENETRACIÓN**

| Penetración<br>(pu/g) | Carga Standard<br>(kg/cm²) | Molde N° 3 |        |            |       | Molde N° 2 |        |            |       | Molde N° 1 |        |            |       |
|-----------------------|----------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                       |                            | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                       |                            | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                 |                            | 61.88      | 3.1    |            |       | 25.69      | 1.3    |            |       | 14.58      | 0.7    |            |       |
| 0.050                 |                            | 202.50     | 10.0   |            |       | 40.72      | 2.0    |            |       | 40.77      | 2.0    |            |       |
| 0.075                 |                            | 533.50     | 26.4   |            |       | 204.54     | 10.1   |            |       | 60.21      | 3.0    |            |       |
| 0.100                 | 70,307                     | 787.95     | 39.0   | 37.0       | 52.6  | 374.90     | 18.5   | 16.2       | 23.0  | 71.20      | 3.5    | 3.5        | 5.0   |
| 0.150                 |                            | 1200.60    | 59.4   |            |       | 530.40     | 26.3   |            |       | 102.66     | 5.1    |            |       |
| 0.200                 | 105,460                    | 1595.00    | 78.0   | 78.0       | 74.0  | 707.10     | 35.0   | 35.0       | 33.2  | 126.63     | 6.3    | 6.3        | 6.0   |
| 0.300                 |                            | 2217.94    | 109.8  |            |       | 950.45     | 49.3   |            |       | 174.42     | 8.8    |            |       |
| 0.400                 |                            | 2733.41    | 136.3  |            |       | 1342.58    | 66.5   |            |       | 210.33     | 10.4   |            |       |
| 0.500                 |                            | 3101.80    | 156.1  |            |       | 1659.92    | 82.2   |            |       | 252.00     | 12.6   |            |       |

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 CONSULTORES EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACAHUAMAN  
 CIP: 222451





**INFORME**

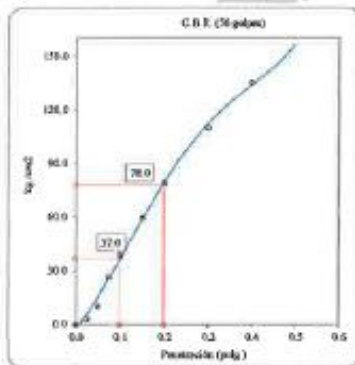
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

|                       |   |                  |                |
|-----------------------|---|------------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°:     | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por : | Jean P.        |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por :   | Willy J.       |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo: | 01/04/2021     |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON PET UN 0.5 %  | Turno:           | Diurno         |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:     | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                  |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                  |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                  |                |

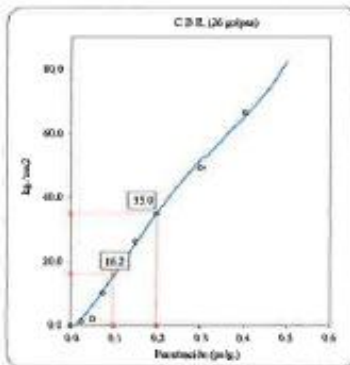
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

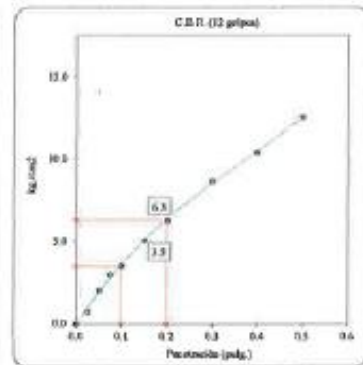
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2.074 gr./cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 10.0 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1.979 gr./cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES: 52.8 %

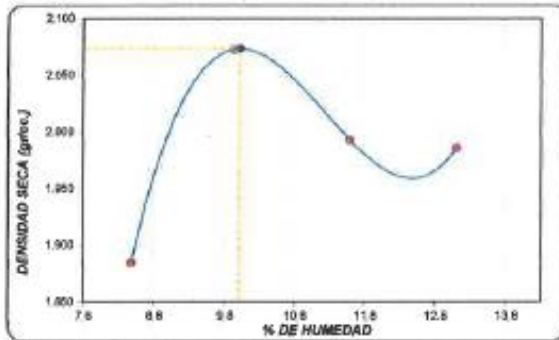


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES: 23.0 %



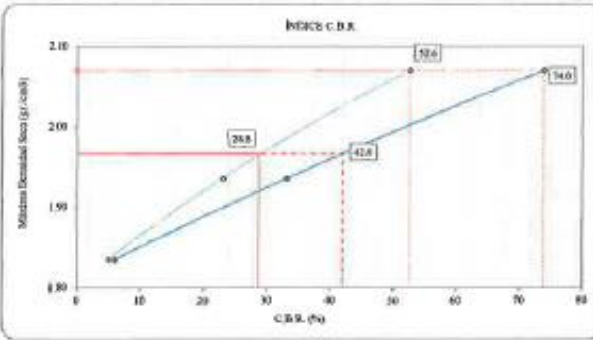
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES: 5.0 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 52.8 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 28.8 %

**CURVA CBR vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 74.0 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 42.0 %

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 INGENIERIA CONSULTORIOS Y MEDIADORES  
 ING. LUIS A. BEVALLOS LIASTANUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.
- ...
- ...



INFORME

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

|                       |   |                             |
|-----------------------|---|-----------------------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°: PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por : Jean P.    |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por : Willy J.     |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo: 01/04/2021 |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON PET UN 1.0 %  | Turno: Diurno               |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad: 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                             |
| N° de Muestra         | : M-1   |                             |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                             |

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

| Molde N°                    | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 50          |          | 25          |          | 12          |          |
| Condición de la muestra     |             |          |             |          |             |          |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 11,074      | 11,533   | 11,636      | 11,458   | 11,807      | 11,229   |
| Peso molde (gr.)            | 5,500       | 5,920    | 7,173       | 7,173    | 7,574       | 7,152    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,754       | 4,613    | 4,463       | 4,285    | 4,233       | 4,127    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,127       | 2,128    | 2,131       | 2,132    | 2,129       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,235       | 2,168    | 2,094       | 2,010    | 1,989       | 1,928    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 2,027       | 1,866    | 1,878       | 1,802    | 1,788       | 1,723    |

CONTENIDO DE HUMEDAD

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 31.6 | 12.9 | 17.1 | 21.2 | 22.7 | 32.7 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 39.8 | 45.2 | 39.0 | 54.1 | 57.0 | 54.0 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 39.0 | 45.8 | 35.4 | 50.7 | 53.9 | 50.4 |
| Peso de agua (gr.)        | 0.8  | 3.4  | 4.4  | 3.4  | 3.9  | 3.5  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 7.4  | 32.9 | 30.3 | 29.5 | 31.6 | 29.2 |
| Humedad (%)               | 10.5 | 10.3 | 11.4 | 11.6 | 12.5 | 12.5 |

EXPANSIÓN

| Fecha        | Hora | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.01' | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|--------------|------|--------------|---------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|              |      |              |               | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| NO EXPANSIVO |      |              |               |           |   |      |           |   |      |           |   |

PENETRACIÓN

| Penetración<br>(milg.) | Carga Standard<br>(kg/cm²) | Molde N° 3 |        |            |       | Molde N° 2 |        |            |       | Molde N° 1 |        |            |       |
|------------------------|----------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                            | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                            | R0         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | R0         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                            | 10.50      | 4.1    |            |       | 30.70      | 1.5    |            |       | 17.50      | 0.9    |            |       |
| 0.050                  |                            | 270.00     | 13.4   |            |       | 48.96      | 2.4    |            |       | 48.92      | 2.4    |            |       |
| 0.075                  |                            | 711.45     | 35.2   |            |       | 245.45     | 12.2   |            |       | 72.25      | 3.6    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                     | 1050.60    | 52.0   | 54.0       | 76.8  | 449.80     | 22.2   | 20.0       | 29.4  | 65.54      | 4.2    | 4.0        | 9.7   |
| 0.150                  |                            | 1900.80    | 79.3   |            |       | 109.48     | 31.5   |            |       | 122.47     | 6.1    |            |       |
| 0.200                  | 105.480                    | 2127.45    | 105.3  | 104.0      | 98.6  | 545.52     | 42.0   | 42.0       | 39.8  | 151.98     | 7.5    | 7.5        | 7.1   |
| 0.300                  |                            | 3567.25    | 146.4  |            |       | 1194.54    | 59.1   |            |       | 205.30     | 10.4   |            |       |
| 0.400                  |                            | 3644.55    | 180.5  |            |       | 1811.10    | 78.5   |            |       | 252.40     | 12.5   |            |       |
| 0.500                  |                            | 4262.40    | 208.1  |            |       | 1991.53    | 96.6   |            |       | 304.56     | 15.1   |            |       |

OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 INGENIERIA, CONSULTORIA, DISEÑO Y CONTROL DE OBRAS  
 ING. LUIS A. ZUÑIGA LACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 22245



### INFORME

## VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Proyecto : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Propietario : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ

Código del Proyecto : 0

Ubicación de Proyecto : Jr. 09 DE DICIEMBRE

Material : TERRENO NATURAL CON PET UN 1.0 %

Identificación : BASE

Procedencia : C-1

N° de Muestra : M-1

Progresiva : 00+000

Registro N°: PT-LF-021-2021

Muestreado por : Jean P.  
Ensayado por : Willy J.  
Fecha de Ensayo: 01/04/2021  
Turno: Diurno

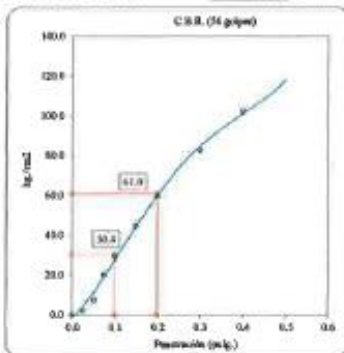
Profundidad: 1.5 m

### ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883

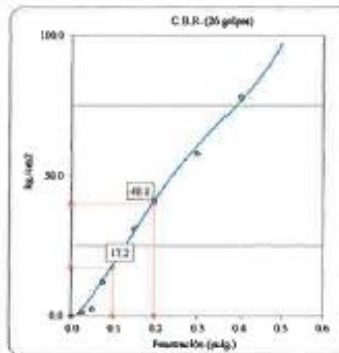
#### Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 2,052 gr/cm<sup>3</sup>  
Máxima Densidad Seca al 95% : 1,949 gr/cm<sup>3</sup>

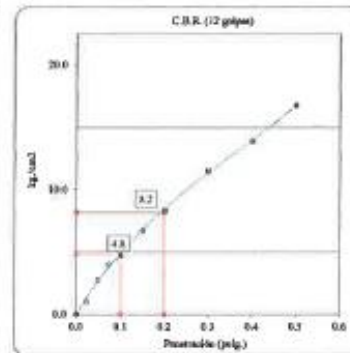
Óptimo Contenido de Humedad : 11,98 %



C.B.R. (0.1°) 58 GOLPES : 43.2 %

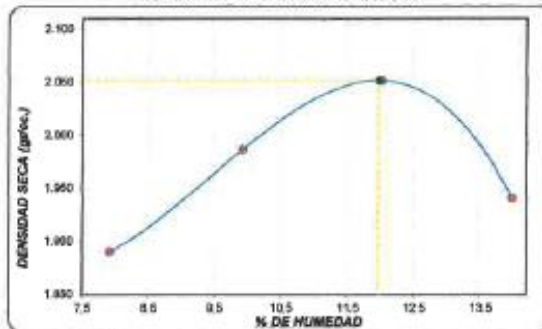


C.B.R. (0.1°) 25 GOLPES : 24.8 %



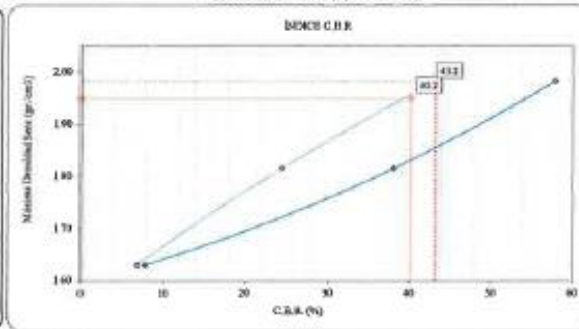
C.B.R. (0.1°) 12 GOLPES : 6.8 %

#### CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1° : 43.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1° : 43.2 %

#### CURVA CBR vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2° : 57.8 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2° : 54.9 %

#### OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.

SOILTEST PERU S.R.L.  
ING. LUIS A. JAVALLOS LLOJTA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451





INFORME

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Proyecto

: ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021

Registro N°: PT-LF-021-2021

Propietario

: JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ

Muestreado por : Jean P.

Código del Proyecto

: 0

Ensayado por : Willy J.

Ubicación de Proyecto

: Jr. 09 DE DICIEMBRE

Fecha de Ensayo: 01/04/2021

Materia

: TERRENO NATURAL CON PET UN 1.5 %

Turno: Diurno

Identificación

: BASE

Profundidad: 1.5 m

Procedencia

: C-1

N° de Muestra

: M-1

Progresiva

: 00+000

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

| Molde N°                               | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|  | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Número de capas                        | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes                       | 56          |          | 20          |          | 12          |          |
| Condición de la muestra                |             |          |             |          |             |          |
| Peso suelo + molde (gr.)               | 11,713      | 11,514   | 11,782      | 11,842   | 11,506      | 11,809   |
| Peso molde (gr.)                       | 6,920       | 6,920    | 7,417       | 7,417    | 7,074       | 7,074    |
| Peso suelo compactado (gr.)            | 4,793       | 4,594    | 4,365       | 4,525    | 3,932       | 3,932    |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )   | 2,127       | 2,128    | 2,131       | 2,132    | 2,128       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> ) | 2,253       | 2,159    | 2,049       | 2,123    | 1,846       | 1,847    |
| Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )   | 2,040       | 1,954    | 1,801       | 1,866    | 1,615       | 1,615    |

CONTENIDO DE HUMEDAD

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 21.3 | 21.1 | 20.8 | 24.2 | 20.9 | 23.9 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 42.9 | 49.2 | 60.1 | 54.4 | 58.5 | 54.3 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 40.7 | 45.7 | 55.5 | 50.7 | 53.8 | 50.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 2.1  | 2.5  | 4.7  | 3.7  | 4.7  | 3.9  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 19.4 | 25.5 | 34.7 | 26.5 | 32.9 | 26.6 |
| Humedad (%)               | 11.0 | 9.9  | 13.5 | 14.0 | 14.3 | 14.5 |

EXPANSIÓN

| Fecha        | Hora | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.01" | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|--------------|------|--------------|---------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|              |      |              |               | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| NO EXPANSIVO |      |              |               |           |   |      |           |   |      |           |   |

PENETRACIÓN

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Molde N° 3 |                    |                    |       | Molde N° 2 |                    |                    |       | Molde N° 1 |                    |                    |       |
|------------------------|---|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|
|                        |   | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       |
|                        |   | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % |
| 0.025                  |   | 65.00      | 2.7                |                    |       | 30.10      | 1.5                |                    |       | 24.20      | 1.2                |                    |       |
| 0.050                  |   | 150.00     | 6.9                |                    |       | 47.90      | 2.4                |                    |       | 57.95      | 3.4                |                    |       |
| 0.075                  |   | 474.30     | 23.5               |                    |       | 240.64     | 11.9               |                    |       | 100.35     | 5.0                |                    |       |
| 0.100                  | 70.367                                  | 760.40     | 34.7               | 34.8               | 49.5  | 449.00     | 21.8               | 17.2               | 24.6  | 168.80     | 8.9                | 6.2                | 8.8   |
| 0.150                  |   | 1067.20    | 52.8               |                    |       | 624.00     | 30.9               |                    |       | 170.10     | 8.4                |                    |       |
| 0.200                  | 105.490                                 | 1418.30    | 70.2               | 73.0               | 69.2  | 831.88     | 41.2               | 40.1               | 38.0  | 211.05     | 10.4               | 10.4               | 9.9   |
| 0.300                  |   | 1971.50    | 97.6               |                    |       | 1171.12    | 58.0               |                    |       | 295.70     | 14.4               |                    |       |
| 0.400                  |   | 2429.70    | 120.3              |                    |       | 1570.51    | 78.2               |                    |       | 350.55     | 17.4               |                    |       |
| 0.500                  |   | 2801.00    | 138.7              |                    |       | 1952.50    | 96.7               |                    |       | 423.00     | 20.9               |                    |       |

OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.

---

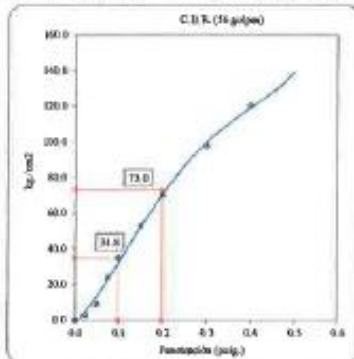
  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ING. LUIG A. ZAVALLLOS LLACAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 222451

|                       |   |                  |                |
|-----------------------|---|------------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°:     | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por : | Jean P.        |
| Código del Proyecto   | : 0   | Ensayado por :   | Willy J.       |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo: | 01/04/2021     |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON PET UN 1.5 %  | Turno:           | Diurno         |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:     | 1.5 m          |
| Procedencia           | : C-1   |                  |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                  |                |
| Progresiva            | : 00+000  |                  |                |

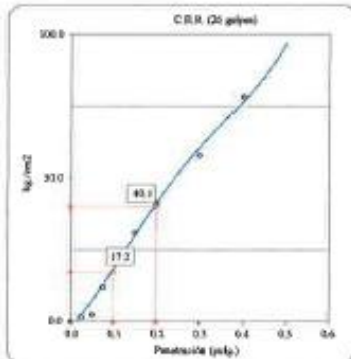
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

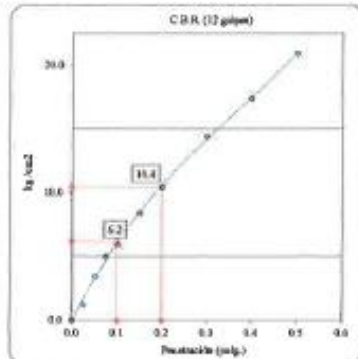
Máxima Densidad Seca : 2.040 gr/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad : 10.58 %  
Máxima Densidad Seca al 95% : 1.938 gr/cm<sup>3</sup>



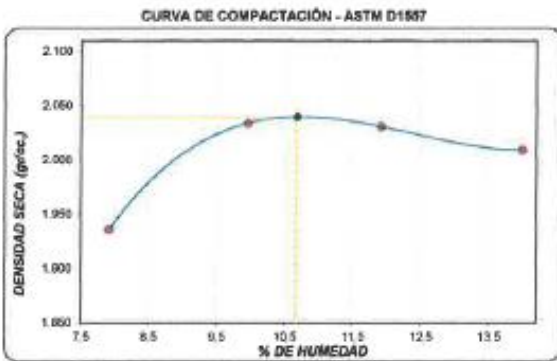
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES : 49.5 %



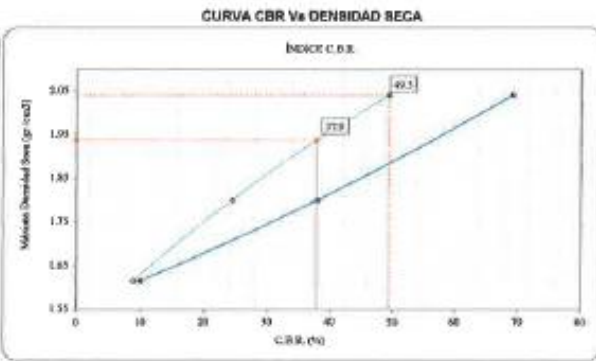
C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 24.5 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 8.8 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1' : 49.5 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1' : 37.9 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2' : 69.2 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2' : 65.6 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
AV. CAYASH 1000, QUINUA, AYACUCHO  
**ING. LUIS A. ZAVALLOS LLAHTAHUAMAN**  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451





**INFORME**

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

Registro N°: **PT-LF-021-2021**

Proyecto : ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021  
 Propietario : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ  
 Código del Proyecto : 01  
 Ubicación de Proyecto : Jr. 09 DE DICIEMBRE  
 Material : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 0,5%

Muestreado por : Jean P.  
 Ensayado por : Willy J.  
 Fecha de Ensayo : 20/03/2021  
 Turno : Diurno

Identificación : BASE Profundidad: 1.50 m  
 Procedencia : C-1  
 N° de Muestra : M-1  
 Progresiva : progresiva 00+000

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
 ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                    | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 56          |          | 26          |          | 12          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 11,740      | 11,450   | 11,890      | 11,809   | 11,793      | 11,289   |
| Peso molde (gr.)            | 6,820       | 6,820    | 7,173       | 7,173    | 7,574       | 7,152    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,820       | 4,530    | 4,457       | 4,435    | 4,219       | 4,137    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,127       | 2,128    | 2,131       | 2,132    | 2,128       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,266       | 2,133    | 2,091       | 2,080    | 1,963       | 1,943    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 2,050       | 1,925    | 1,875       | 1,865    | 1,754       | 1,719    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 30,7 | 14,6 | 14,1 | 19,2 | 20,1 | 20,3 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 39,9 | 49,2 | 50,1 | 54,4 | 59,2 | 54,4 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 39,6 | 45,0 | 45,5 | 50,7 | 53,8 | 50,5 |
| Peso de agua (gr.)        | 0,8  | 2,3  | 4,7  | 3,7  | 4,3  | 4,0  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 8,3  | 31,3 | 41,4 | 31,5 | 33,7 | 30,2 |
| Humedad (%)               | 10,6 | 10,5 | 11,3 | 11,7 | 12,9 | 13,2 |

**EXPANSIÓN**

| Fecha               | Hora | Tiempo Hr | Dial 0,01" | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|---------------------|------|-----------|------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|                     |      |           |            | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| <b>NO EXPANSIVO</b> |      |           |            |           |   |      |           |   |      |           |   |

**PENETRACIÓN**

| Penetración (qtg) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 3 |        |            |       | Molde N° 2 |        |            |       | Molde N° 1 |        |            |       |
|-------------------|-------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                   |                         | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                   |                         | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0,025             |                         | 45,77      | 2,3    |            |       | 42,25      | 2,1    |            |       | 0,84       | 0,3    |            |       |
| 0,050             |                         | 211,14     | 10,5   |            |       | 157,00     | 7,8    |            |       | 16,90      | 0,9    |            |       |
| 0,075             |                         | 434,90     | 21,5   |            |       | 217,26     | 10,8   |            |       | 35,36      | 1,8    |            |       |
| 0,100             | 70,307                  | 755,93     | 37,4   | 33,0       | 46,6  | 286,92     | 14,3   | 13,0       | 18,5  | 46,24      | 2,4    | 2,4        | 3,4   |
| 0,150             |                         | 890,77     | 48,1   |            |       | 350,71     | 17,4   |            |       | 62,46      | 3,1    |            |       |
| 0,200             | 105,460                 | 1357,29    | 67,2   | 64,3       | 61,0  | 449,91     | 22,3   | 21,5       | 20,4  | 71,62      | 3,6    | 3,6        | 3,4   |
| 0,300             |                         | 1635,88    | 81,2   |            |       | 519,10     | 25,7   |            |       | 88,20      | 4,4    |            |       |
| 0,400             |                         | 1926,63    | 95,8   |            |       | 587,38     | 28,6   |            |       | 100,44     | 5,0    |            |       |
| 0,500             |                         | 1935,83    | 95,6   |            |       | 597,39     | 28,6   |            |       | 109,62     | 5,4    |            |       |

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.

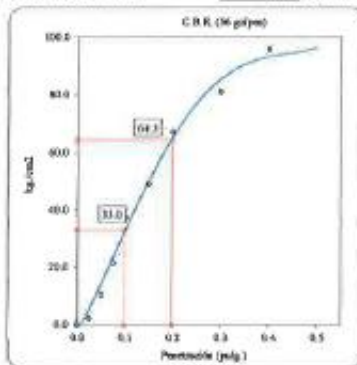
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA, ASFALTO Y CONCRETO  
 ING. LUIS A. EBVALLOS LACTAHUAMAN  
 CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 CIP: 227431

|                       |   |                  |                |
|-----------------------|---|------------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°:     | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por : | Jean P.        |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por :   | Willy J.       |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo: | 20/03/2021     |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 0.5%   | Turno:           | Diuño          |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:     | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                  |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                  |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                  |                |

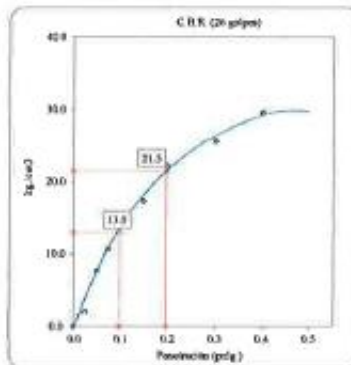
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

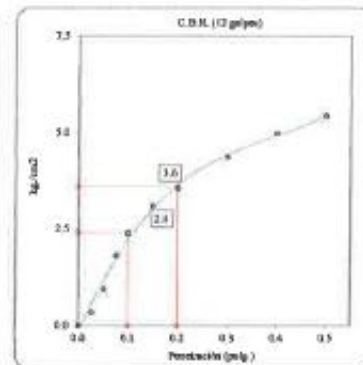
Máxima Densidad Seca \_\_\_\_\_ 2,050 gr./cm<sup>3</sup>  
Óptimo Contenido de Humedad \_\_\_\_\_ 11.0 %  
Máxima Densidad Seca al 95% \_\_\_\_\_ 1,948 gr./cm<sup>3</sup>



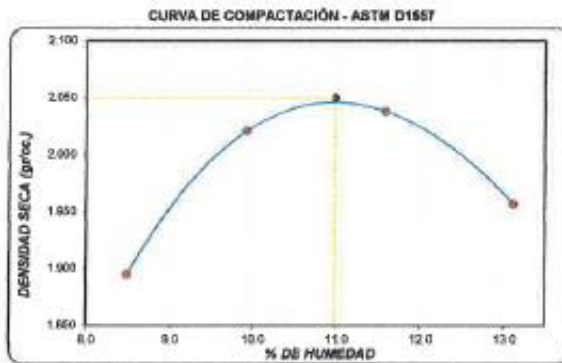
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES: 46.9 %



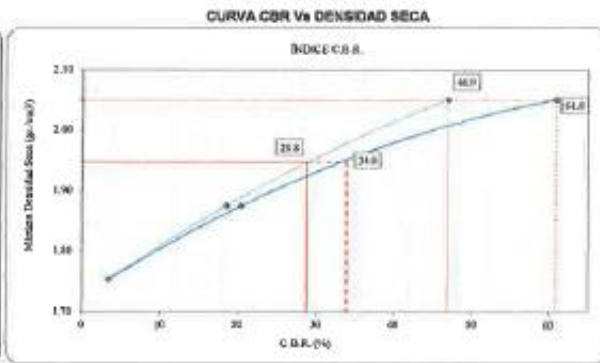
C.B.R. (0.1') 25 GOLPES: 18.5 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES: 3.4 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': 46.9 %  
C.B.R. ( 85% M.D.S.) 0.1': 28.8 %



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': 61.0 %  
C.B.R. ( 85% M.D.S.) 0.2': 34.0 %

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES

ING. LUIS AZEVALLOS LLACAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222461



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ACEROS

**INFORME**

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

|                       |  |                  |                |
|-----------------------|--|------------------|----------------|
| Proyecto              | : ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021* | Registro N°:     | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAV RODRIGUEZ   | Muestreado por : | Jean P.        |
| Código del Proyecto   | : 01   | Ensayado por :   | Willy J.       |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE  | Fecha de Ensayo: | 20/03/2021     |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.0%  | Turno:           | Diuño          |
| Identificación        | : BASE   | Profundidad:     | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1  |                  |                |
| N° de Muestra         | : M-1  |                  |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000  |                  |                |

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                    | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             |             |          |             |          |             |          |
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 55          |          | 55          |          | 13          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 11,743      | 11,436   | 11,748      | 11,485   | 11,950      | 11,428   |
| Peso molde (gr.)            | 6,920       | 6,920    | 7,173       | 7,173    | 7,574       | 7,152    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,823       | 4,516    | 4,575       | 4,322    | 4,376       | 4,276    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,127       | 2,126    | 2,131       | 2,132    | 2,126       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,268       | 2,122    | 2,147       | 2,027    | 2,056       | 2,008    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 2,027       | 1,897    | 1,910       | 1,804    | 1,868       | 1,765    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 21.6 | 19.5 | 17.1 | 21.2 | 22.3 | 22.2 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 19.0 | 49.2 | 80.1 | 54.4 | 38.2 | 34.4 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 20.6 | 43.9 | 55.4 | 59.7 | 33.9 | 30.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 0.9  | 3.3  | 4.7  | 9.7  | 4.3  | 3.9  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 7.4  | 27.9 | 38.3 | 29.5 | 31.5 | 28.2 |
| Humedad (%)               | 11.9 | 11.6 | 12.3 | 12.4 | 13.7 | 13.9 |

**EXPANSIÓN**

| Fecha               | Hora | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.01" | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|---------------------|------|--------------|---------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|                     |      |              |               | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| <b>NO EXPANSIVO</b> |      |              |               |           |   |      |           |   |      |           |   |

**PENETRACIÓN**

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard<br>(kg/cm²) | Molde N° 3 |        |            |       | Molde N° 2 |        |            |       | Molde N° 1 |        |            |       |
|------------------------|----------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                            | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                            | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                            | 90.00      | 4.5    |            |       | 42.50      | 2.1    |            |       | 42.36      | 0.6    |            |       |
| 0.050                  |                            | 850.00     | 22.3   |            |       | 175.00     | 8.7    |            |       | 49.30      | 3.4    |            |       |
| 0.075                  |                            | 720.00     | 35.6   |            |       | 225.00     | 16.1   |            |       | 123.75     | 6.1    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                     | 900.00     | 44.6   | 44.0       | 62.6  | 400.00     | 19.8   | 18.5       | 26.3  | 148.50     | 7.4    | 6.5        | 8.2   |
| 0.150                  |                            | 1350.00    | 66.6   |            |       | 505.50     | 27.5   |            |       | 147.20     | 7.3    |            |       |
| 0.200                  | 105.460                    | 1600.00    | 79.6   | 77.0       | 73.8  | 750.00     | 37.1   | 35.9       | 33.2  | 310.37     | 10.4   | 13.0       | 12.3  |
| 0.300                  |                            | 2305.05    | 102.4  |            |       | 994.95     | 49.3   |            |       | 384.44     | 19.0   |            |       |
| 0.400                  |                            | 3600.00    | 178.2  |            |       | 1550.00    | 76.7   |            |       | 546.88     | 27.1   |            |       |
| 0.500                  |                            | 4623.00    | 228.8  |            |       | 2010.00    | 99.5   |            |       | 730.09     | 31.2   |            |       |

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.
- \* ---
- \* ---

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ACEROS  
**S. LUIS A. REVALLOS LACTAHUAMAN**  
 INGENIERO EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
 C.I.P.: 222451

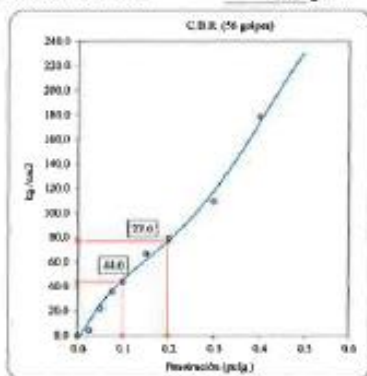


|                       |   |                  |                |
|-----------------------|---|------------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°:     | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por : | Jean P.        |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por :   | Willy J.       |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo: | 20/03/2021     |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.0%   | Turno:           | Diurno         |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:     | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                  |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                  |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                  |                |

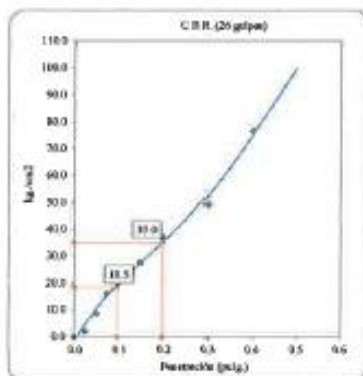
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1557**

**Datos de muestra**

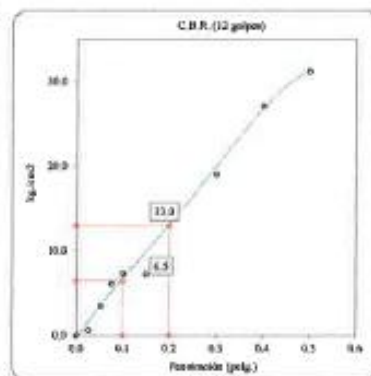
Máxima Densidad Seca 2.027 gr/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad 10.3 %  
Máxima Densidad Seca al 95% 1.926 gr/cm<sup>3</sup>



C.B.R. (0.1') 50 GOLPES: **62.6 %**

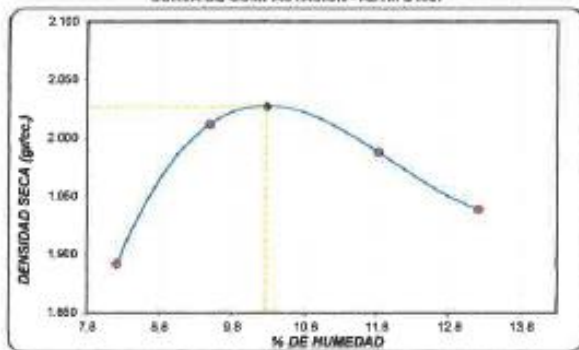


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES: **26.3 %**



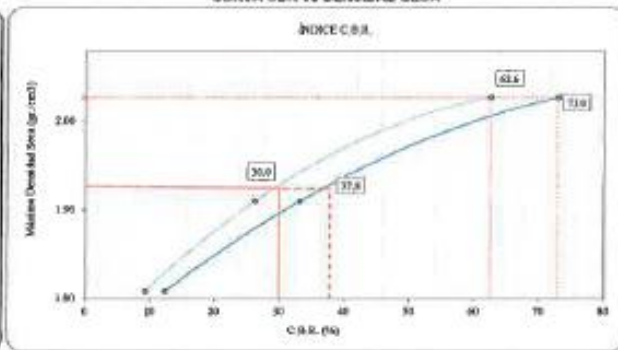
C.B.R. (0.1') 12 GOLPES: **9.2 %**

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': **62.6 %**  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1': **36.0 %**

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': **73.0 %**  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2': **37.8 %**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.

  
**SOILTEST PERU S.R.L.**  
PROYECTOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
**ING. LUIS A. ZUVALLOS LACTAHUAYAN**  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 22245



**SOILTEST PERU S.R.L.**  
LABORATORIO DE INVESTIGACION DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**INFORME**

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR**

|                       |   |                 |                |
|-----------------------|---|-----------------|----------------|
| Proyecto              | : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021" | Registro N°     | PT-LF-021-2021 |
| Propietario           | : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ   | Muestreado por  | : Jean P.      |
| Código del Proyecto   | : 01  | Ensayado por    | : Willy J.     |
| Ubicación de Proyecto | : Jr. 09 DE DICIEMBRE   | Fecha de Ensayo | : 09/04/2021   |
| Material              | : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.5%   | Turno           | : Diurno       |
| Identificación        | : BASE  | Profundidad:    | 1.50 m         |
| Procedencia           | : C-1   |                 |                |
| N° de Muestra         | : M-1   |                 |                |
| Progresiva            | : progresiva 00+000   |                 |                |

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
 ASTM D1883**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                    | 3           |          | 2           |          | 1           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Número de capas             | 5           |          | 6           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 50          |          | 25          |          | 12          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 11,712      | 11,303   | 11,273      | 11,322   | 11,950      | 11,234   |
| Peso molde (gr.)            | 6,920       | 6,920    | 7,173       | 7,173    | 7,574       | 7,152    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,792       | 4,383    | 4,600       | 4,199    | 4,376       | 4,082    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,137       | 2,136    | 2,131       | 2,132    | 2,129       | 2,129    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,253       | 2,080    | 2,159       | 1,989    | 2,058       | 1,918    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 2,040       | 1,885    | 1,935       | 1,765    | 1,822       | 1,699    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Peso de tara (gr.)        | 30.5 | 14.5 | 14.1 | 19.2 | 20.1 | 20.3 |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 39.5 | 49.2 | 50.3 | 54.4 | 35.2 | 54.4 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 39.0 | 45.9 | 55.4 | 50.7 | 53.0 | 50.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 0.9  | 3.3  | 4.7  | 3.7  | 4.3  | 3.9  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 8.5  | 31.3 | 41.3 | 31.5 | 33.8 | 30.2 |
| Humedad (%)               | 10.3 | 10.5 | 11.4 | 11.7 | 12.8 | 13.0 |

**EXPANSIÓN**

| Fecha               | Hora | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.01" | Expansión |   | Dial | Expansión |   | Dial | Expansión |   |
|---------------------|------|--------------|---------------|-----------|---|------|-----------|---|------|-----------|---|
|                     |      |              |               | mm        | % |      | mm        | % |      | mm        | % |
| <b>NO EXPANSIVO</b> |      |              |               |           |   |      |           |   |      |           |   |

**PENETRACIÓN**

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard<br>(kg/cm²) | Molde N° 3 |        |            |       | Molde N° 2 |        |            |       | Molde N° 1 |        |            |       |
|------------------------|----------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                            | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                            | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                            | 101.70     | 5.0    |            |       | 95.40      | 4.9    |            |       | 50.00      | 1.5    |            |       |
| 0.050                  |                            | 489.20     | 23.2   |            |       | 369.40     | 18.3   |            |       | 60.00      | 2.5    |            |       |
| 0.075                  |                            | 686.85     | 47.9   |            |       | 511.20     | 25.3   |            |       | 60.00      | 3.0    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                     | 1679.95    | 83.2   | 70.0       | 99.6  | 679.90     | 33.7   | 32.0       | 46.5  | 60.00      | 4.0    | 3.8        | 5.4   |
| 0.150                  |                            | 2201.70    | 108.0  |            |       | 825.20     | 40.9   |            |       | 104.10     | 5.2    |            |       |
| 0.200                  | 105.489                    | 3016.20    | 149.3  | 142.0      | 134.6 | 1156.00    | 59.2   | 56.0       | 55.0  | 119.70     | 5.9    | 5.9        | 5.6   |
| 0.300                  |                            | 3044.40    | 180.4  |            |       | 1578.00    | 78.1   |            |       | 147.00     | 7.3    |            |       |
| 0.400                  |                            | 4301.85    | 213.0  |            |       | 1870.00    | 92.6   |            |       | 167.40     | 8.3    |            |       |
| 0.500                  |                            | 4301.85    | 213.0  |            |       | 2004.00    | 99.2   |            |       | 192.70     | 9.0    |            |       |

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERU S.R.L.

Proyecto : "ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO CON VIDRIO Y PET, EN EL Jr. 09 DE DICIEMBRE, QUINUA - AYACUCHO 2021"

Registro N°: PT-LF-021-2021

Propietario : JESUS FERNANDO MARAVI RODRIGUEZ  
Código del Proyecto : 01  
Ubicación de Proyecto : Jr. 09 DE DICIEMBRE  
Material : TERRENO NATURAL CON VIDRIO MOLIDO UN 1.5%

Muestreado por : Jean P.  
Ensayado por : Willy J.  
Fecha de Ensayo: 09/04/2021  
Turno: Diurno

Identificación : BASE

Profundidad: 1.50 m

Procedencia : C-1

N° de Muestra : M-1

Progresiva : progresiva 00+000

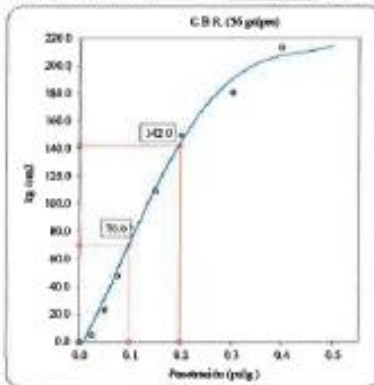
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca : 2.022 gr/cm<sup>3</sup>

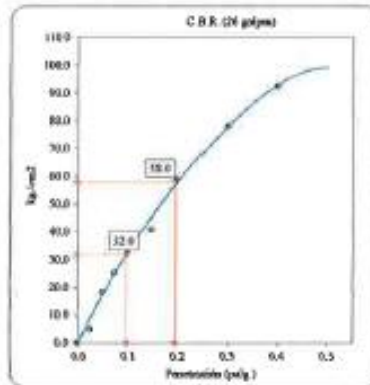
Óptimo Contenido de Humedad : 10.2 %

Máxima Densidad Seca al 95% : 1.921 gr/cm<sup>3</sup>



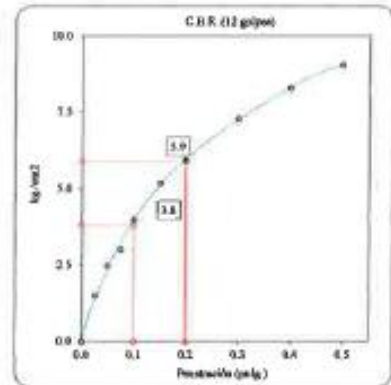
C.B.R. (0.1") 50 GOLPES :

99.6 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

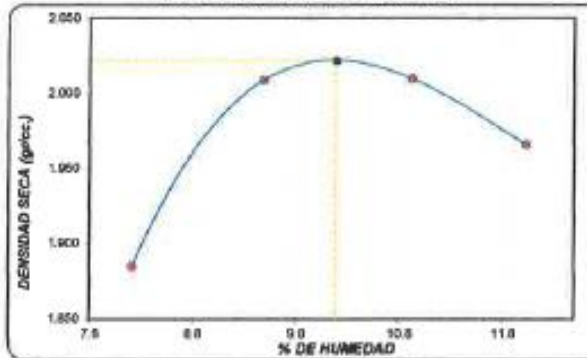
45.5 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

5.4 %

**CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557**



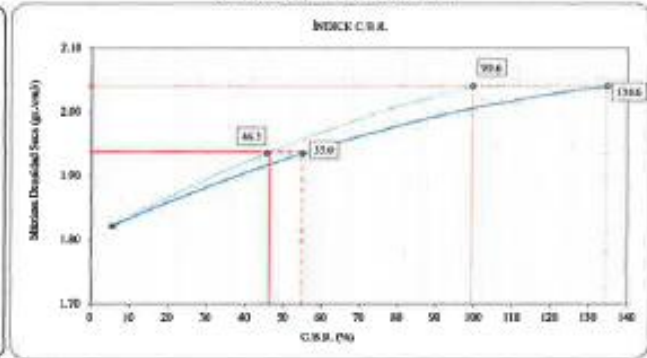
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":

99.6 %

C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1":

48.5 %

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":

134.6 %

C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2":

56.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SOILTEST PERÚ S.R.L.

**SOILTEST PERU S.R.L.**  
ING. JUAN CARLOS TORRES  
ING. ANDRÉS TORRES  
ING. ROBERTO ALVARADO  
ING. WILLY J. ZEPALLOS LLACTAHUAMAN  
ING. ENRIQUE ZEPALLOS LLACTAHUAMAN  
ING. ENRIQUE ZEPALLOS LLACTAHUAMAN  
ING. ENRIQUE ZEPALLOS LLACTAHUAMAN  
CIP: 222451



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PT - LF - 064 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| <b>1. Expediente</b>           | 0464-2020  | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  |
| <b>2. Solicitante</b>          | <b>LUIS ANDY ZEVALLOS LLACTAHUAMAN</b>             |  |
| <b>3. Dirección</b>            | A.H. COVADONGA MZ- T2 LOTE 4 - HUAMANGA - AYACUCHO | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.<br><br>PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.<br><br>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.<br><br>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| <b>4. Equipo</b>               | <b>PRESA DE ENSAYO CBR</b>                         |  |
| <b>Capacidad</b>               | 5000 kgf   |  |
| <b>Marca</b>                   | PERUTEST   |  |
| <b>Modelo</b>                  | PT-CBR   |  |
| <b>Número de Serie</b>         | 1120   |  |
| <b>Procedencia</b>             | PERU   |  |
| <b>Identificación</b>          | NO INDICA  |  |
| <b>Indicación</b>              | DIGITAL  |  |
| <b>Marca</b>                   | WEIGHING FLOOR SCALE                               |  |
| <b>Modelo</b>                  | NLD-SS LCD   |  |
| <b>Número de Serie</b>         | HS201809118  |  |
| <b>Resolución</b>              | 0,1 kgf  |  |
| <b>Ubicación</b>               | NO INDICA  |  |
| <b>5. Fecha de Calibración</b> | 2020-09-14   |  |

Fecha de Emisión

2020-09-14

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - LF - 064 - 2020**

*Área de Metrología*  
*Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Fuerza de PERUTEST S.A.C.  
Jr. La Madrid Mz. D Lt. 25 Urb. Los Olivos - San Martín De Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

|                  | Inicial | Final   |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura      | 21.8 °C | 21.8 °C |
| Humedad Relativa | 72 % HR | 72 % HR |

**9. Patrones de referencia**

| Trazabilidad | Patrón utilizado   | Informe de calibración |
|--------------|--|------------------------|
| CELDA        | Celda de Carga<br>Código: PF-002<br>Capacidad: 10,000 kg.f | CMC-041-2020           |

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - LF - 064 - 2020**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

**11. Resultados de Medición**

| Indicación del Equipo |             | Indicación de Fuerza (Ascenso)<br>Patrón de Referencia |             |             |                      |
|-----------------------|-------------|--|-------------|-------------|----------------------|
| %                     | $F_1$ (kgf) | $F_1$ (kgf)  | $F_2$ (kgf) | $F_3$ (kgf) | $F_{Promedio}$ (kgf) |
| 10                    | 500         | 499.4  | 499.2       | 499.3       | 499.3                |
| 20                    | 1000        | 1000.7   | 1000.6      | 1000.6      | 1000.6               |
| 30                    | 1500        | 1500.3   | 1500.4      | 1500.7      | 1500.4               |
| 40                    | 2000        | 2001.8   | 2002.3      | 2004.8      | 2003.1               |
| 50                    | 2500        | 2500.0   | 2500.0      | 2500.4      | 2500.2               |
| 60                    | 3000        | 2999.4   | 2999.5      | 2999.8      | 2999.6               |
| 70                    | 3500        | 3499.5   | 3499.6      | 3499.7      | 3499.6               |
| 80                    | 4000        | 3999.8   | 3999.9      | 3999.9      | 3999.9               |
| 90                    | 4500        | 4499.9   | 4499.8      | 4500.1      | 4500.0               |
| 100                   | 5000        | 4999.5   | 5000.0      | 5000.4      | 4999.9               |
| Retorno a Cero        |             | 0.0  | 0.0         | 0.0         |                      |

| Indicación del Equipo<br>$F$ (kgf) | Errores Encontrados en el Sistema de Medición |                          |                           |                                 | Incertidumbre<br>$U$ (k=2)<br>(%) |
|------------------------------------|---|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                                    | Exactitud<br>$a$ (%)                          | Repetibilidad<br>$b$ (%) | Reversibilidad<br>$v$ (%) | Resol. Relativa<br>$\sigma$ (%) |                                   |
| 500                                | 0.13  | 0.04                     | -0.04                     | 0.02                            | 0.34                              |
| 1000                               | -0.06   | 0.01                     | 0.01                      | 0.01                            | 0.34                              |
| 1500                               | -0.03   | 0.03                     | 0.01                      | 0.01                            | 0.34                              |
| 2000                               | -0.15   | 0.15                     | -0.05                     | 0.01                            | 0.35                              |
| 2500                               | -0.01   | 0.02                     | -0.02                     | 0.00                            | 0.34                              |
| 3000                               | 0.01  | 0.01                     | 0.00                      | 0.00                            | 0.34                              |
| 3500                               | 0.01  | 0.01                     | 0.00                      | 0.00                            | 0.34                              |
| 4000                               | 0.00  | 0.00                     | 0.00                      | 0.00                            | 0.34                              |
| 4500                               | 0.00  | 0.01                     | -0.01                     | 0.00                            | 0.34                              |
| 5000                               | 0.00  | 0.02                     | 0.01                      | 0.00                            | 0.34                              |

|   |        |
|---|--------|
| MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) | 0.00 % |
|---|--------|



**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

**RECIBO**

N° 000014

S/ 800,00

Recibi del Sr. (a): Jesus MARAVI RODRIGUEZ

La cantidad de: OCHO CIENTOS CON 00/100 SOLES Soles

Por concepto de: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CBR y CLASIFICACION, PROCCON - (CONCEPCION)

04 de Mayo del 2021

 **SOILTEST PERU S.R.L.**  
GEOTECNIA, GEOTECNIA, GEOTECNIA, MANTENIMIENTO  
*[Signature]*  
ING. LUIS A. ZEVALLOS LLACTAHUAMAN  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO  
CIP: 222451

**RECIBO**

N° 000011

S/

Recibi del Sr. (a): JESÚS MARAVI RODRIGUEZ

La cantidad de: CUATROCIENTOS CON 00/100 SOLES Soles

Por concepto de: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CBR y CLASIFICACION (DELANTO DEL 50%).

13 de MARZO del 2021

*[Signature]*  
 **Luis A. Zevallos Llactahuaman**  
**INGENIERO CIVIL**  
C.I. PERU 222451