



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

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

**Efecto del mucilago de cactus San Pedro Echinopsis
Pachanoi, en Estabilización de Suelos, caso: Carretera
Huilcarpay, 2021**

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

AUTORES:

Huamán Roca Jesús (ORCID: 0000-0003-1271-293X)

Reaño Quispe Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-2137-9318)

ASESOR:

Mg. Segura Terrones Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis amados padres Vicente y Trinidad, por todo el apoyo que me brindaron y por el trabajo y esfuerzo que realizaron para sacar adelante a sus hijos, por la formación que me dieron, por lo que soy, por la motivación constante para alcanzar mis anhelos. A mi amada esposa Berenice Ximena, a mis hijos Eduardo Josué y Mia Isabel por haber estado conmigo en todo momento en este proceso de mi formación profesional que no fue fácil, por ese apoyo incondicional. A mis hermanos Eder, Luis Gustavo, William y Judith por el apoyo constante que me dieron, por su comprensión y paciencia.

A mis padres Guillermo Reaño (Q.D.D.G.) y Clotilde Quispe por haberme dado todo el amor ,sus consejos y acompañarme siempre en este camino rumbo a mi profesión; a mi querida esposa Ninosca por haberme apoyado en todo momento y a mis hijos Albiery y Eydan por ser las persona que día a día luchan conmigo , quienes me permiten seguir superándome ; a mis hermanos Yanet, Aydee, Guillermo, Soraya, Soraya Francisca por todo su apoyo ; a mi cuñada Antonia por todos sus consejos y a Dios por darme salud y permitirme cumplir mis metas. En fin, a toda la familia en general, ya que todos ellos aportaron

Agradecimiento

Agradezco ante todo a Dios por iluminar mi camino, que con tu bendición me permitiste llegar a cumplir uno de mis mayores sueños.

A la escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo por acogerme y poder lograr titularme, al asesor mg. Luis Alberto segura terrones por brindarme su apoyo y su gran experiencia en esta etapa de mi vida.

A Dios por darme la vida por su cuidado sabiduría y bendición, a la universidad facultad de ingeniería civil “por ser la fuente de conocimiento del saber a mis docentes quienes me transmitieron sus conocimientos, y a la universidad cesar vallejo por habernos acogido en su casa universitaria Agradecimiento enorme al magister Luis Alberto Segura Terrenos quien con su apoyo y conocimientos impartido en tema de investigación hacen posible llegar al objetivo de este trabajo y obtener el anhelo de la titulación; al ing. Eigner Román por su ayuda sincera brindada en el desarrollo del trabajo de investigación; a los profesionales del laboratorio y a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo.

Índice de Contenido

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de Contenido..... | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | viii |
| Resumen..... | xi |
| Abstract..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| III. METODOLOGÍA..... | 16 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 17 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 18 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 19 |
| 3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos..... | 20 |
| 3.5. Procedimientos | 22 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 23 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 23 |
| IV. RESULTADOS..... | 24 |
| V. DISCUSIÓN | 100 |
| VI. CONCLUSIONES | 104 |
| VII. RECOMENDACIONES | 106 |
| REFERENCIAS..... | 108 |
| ANEXOS | 112 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Clasificación de suelos según partícula | 13 |
| Tabla 2 | Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad..... | 14 |
| Tabla 3 | Categorías de Sub rasante | 15 |
| Tabla 4 | Diseño de porcentajes al 0%,30%,60% y 90%, en función a un 1ltr..... | 20 |
| Tabla 5 | Validez de los instrumentos por profesionales | 21 |
| Tabla 6 | Densidad del mucilago..... | 33 |
| Tabla 7 | Contenido de humedad natural | 35 |
| Tabla 8 | Ensayo de granulometría..... | 36 |
| Tabla 9 | Ensayo limite liquido LL | 39 |
| Tabla 10 | Análisis de limite plástico | 40 |
| Tabla 11 | Datos para clasificación | 42 |
| Tabla 12 | Datos para clasificación | 44 |
| Tabla 13 | Calculo de índice de grupo | 45 |
| Tabla 14 | Humedad natural | 45 |
| Tabla 15 | Resultado de análisis granulometría | 47 |
| Tabla 16 | Datos para clasificación” | 48 |
| Tabla 17 | Datos para clasificación | 50 |
| Tabla 18 | Calculo de índice de grupo | 51 |
| Tabla 19 | Clasificación de las calicatas 01, 02..... | 51 |
| Tabla 20 | Dosificación de mucilago con respecto a 1 lt..... | 52 |
| Tabla 21 | Métodos del rector modificado | 52 |
| Tabla 22 | compactación de suelos en laboratorio, utilizando energía modificada | 54 |
| Tabla 23 | Datos preliminares | 56 |
| Tabla 24 | Resultados de Ensayo de compactación y inmersión por 96 horas muestra (M- 1) | 57 |
| Tabla 25 | Ensayo de expansión..... | 58 |
| Tabla 26 | Ensayo de penetración | 59 |
| Tabla 27 | Resultados CBR (M -1) al 0% de mucilago | 60 |
| Tabla 28 | Limite liquido al 30% de mucilago de cactus san pedro | 61 |
| Tabla 29 | Limite plástico | 62 |
| Tabla 30 | Datos para clasificación | 63 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 31 | Datos para clasificación | 64 |
| Tabla 32 | Calculo de índice de grupo | 65 |
| Tabla 33 | Proctor modificado del suelo adicionado al 30% de mucilago de cactus san pedro..... | 65 |
| Tabla 34 | Ensayo de compactación para sumergirlo por un periodo de 96 horas | 67 |
| Tabla 35 | Ensayo de expansión..... | 67 |
| Tabla 36 | Ensayo de penetración | 68 |
| Tabla 37 | Resultados CBR) adicionado al 30% de mucilago de cactus san pedro | 70 |
| Tabla 38 | Limite liquido al 60% de mucilago de cactus san pedro | 70 |
| Tabla 39 | Limite plástico | 71 |
| Tabla 40 | datos para clasificación..... | 73 |
| Tabla 41 | Datos para clasificación | 74 |
| Tabla 42 | Calculo de índice de grupo | 75 |
| Tabla 43 | Proctor modificado del suelo adicionado al 60% de mucilago de cactus san pedro..... | 76 |
| Tabla 44 | Ensayo de compactación para sumergirlo por un periodo de 96 horas | 77 |
| Tabla 45 | Ensayo de expansión..... | 77 |
| Tabla 46 | Ensayo de penetración | 78 |
| Tabla 47 | Resultados CBR) adicionado al 60% de mucilago de cactus san pedro | 80 |
| Tabla 48 | Limite liquido al 90% de mucilago de cactus san pedro | 80 |
| Tabla 49 | Limite plástico | 81 |
| Tabla 50 | Datos para clasificación | 83 |
| Tabla 51 | Datos para clasificación de suelos | 84 |
| Tabla 52 | Calculo de índice de grupo | 84 |
| Tabla 53 | Proctor modificado del suelo adicionado al 90% de mucilago de cactus san pedro..... | 85 |
| Tabla 54 | Ensayo de compactación para sumergirlo por un periodo de 96 horas | 86 |
| Tabla 55 | Ensayo de expansión..... | 87 |
| Tabla 56 | Ensayo de penetración | 88 |
| Tabla 57 | Resultados CBR) adicionado al 90% de mucilago de cactus san pedro | 89 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 58 | Resumen del ensayo de granulometría calicata 01 | 90 |
| Tabla 59 | Resumen del ensayo de granulometría calicata 02..... | 91 |
| Tabla 60 | Resumen y análisis de los límites de consistencia | 92 |
| Tabla 61 | Resumen de ensayos de proctor modificado MDS – COH..... | 94 |
| Tabla 62 | Resumen de ensayos de expansión | 96 |
| Tabla 63 | Resumen de ensayos CBR..... | 97 |
| Tabla 64 | Resumen general de ensayos de mecánica de suelos | 98 |
| Tabla 65 | Categorización de la subrasante según la norma CE.010 y MTC | 99 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Carretera a nivel de subrasante Huilcarpay (Problema de Exceso de Polvo) en épocas de sequía..... | 3 |
| Figura 2. Referencia del Distrito de San Sebastián | 25 |
| Figura 3. Mapa Topográfico Altitudinal | 26 |
| Figura 4. Herramientas Utilizadas para la Extracción del Cactus san Pedro | 27 |
| Figura 5. Selección del cactus san pedro de Acuerdo a su Madures..... | 28 |
| Figura 6. Eliminando los Espinos del Cactus san Pedro..... | 28 |
| Figura 7. Picado y Pesado de Cactus San Pedro..... | 28 |
| Figura 8. Reposo de Cactus san Pedro por 8 días | 29 |
| Figura 9. Separando el Mucilago de los Sólidos del Cactus | 29 |
| Figura 10. Mucilago Extraído a los 8 días..... | 29 |
| Figura 11. Ubicación de las Calicatas 01 - 02..... | 30 |
| Figura 12. Calicata 01 | 31 |
| Figura 13. Calicata 02 | 31 |
| Figura 14 Herramientas Utilizadas en la Excavación..... | 31 |
| Figura 15. Extracción del Suelo Calicata 01 | 32 |
| Figura 16. Extracción del Suelo Calicata 02 | 32 |
| Figura 17 Diagrama del peso específico de mucilago | 33 |
| Figura 18. Pesado de picnómetro más mucilago | 34 |
| Figura 19. Eliminación de aire con la compresora de succión | 34 |
| Figura 20. Contenido de Humedad Natural | 35 |
| Figura 21. Muestras Resultantes del Proceso de Tamizado..... | 37 |
| Figura 22. Curva Granulométrica | 38 |
| Figura 23. Ensayo Limite Líquido(LL)..... | 39 |
| Figura 24. Instrumentos utilizados para el LL. | 40 |
| Figura 25. Proceso del LL con la Cuchara de Casagrande..... | 40 |
| Figura 26. limite Plástico | 41 |
| Figura 27. Proceso del Ensayo de Limite Plástico..... | 41 |
| Figura 28. Esquema de Clasificación del Suelo..... | 42 |
| Figura 29. Carta de Plasticidad | 43 |
| Figura 30. Esquema de Gradación de Suelos Gruesos..... | 43 |
| Figura 31. Diagrama de Clasificación de Suelos | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 32. Carta de Plasticidad para Suelos Finos | 44 |
| Figura 33. Contenido de humedad natural | 46 |
| Figura 34. Muestras resultantes del proceso de tamizado..... | 47 |
| Figura 35. Curva granulométrica | 48 |
| Figura 36. clasificación de suelos..... | 49 |
| Figura 37. Carta de plasticidad..... | 49 |
| Figura 38. Diagrama de gradación de suelos gruesos..... | 49 |
| Figura 39. Clasificación de suelos | 50 |
| Figura 40. Carta de plasticidad..... | 50 |
| Figura 41. Mezclado de la muestra con diferentes proporciones de agua | 53 |
| Figura 42. Suelo dividido en 5 partes para el proceso del compactado | 53 |
| Figura 43. Compactación de suelo en el molde proctor modificado..... | 54 |
| Figura 44. Pesado de la muestra extraída del molde proctor..... | 54 |
| Figura 45. Compactación de Suelo Proctor Modificado | 55 |
| Figura 46. Dosificación del Mucilago - Agua en Porcentajes | 56 |
| Figura 47. Muestras Dosificadas al 30%, 60% y 90% de Mucilago..... | 56 |
| Figura 48. Pesado del Mucilago en Relación al Peso del Suelo | 56 |
| Figura 49. Mezclado del Suelo con el Mucilago, y Dividido en 5 Porciones | 56 |
| Figura 50. Ensayo de Expansión del suelo..... | 58 |
| Figura 51. Esfuerzo vs Penetración..... | 59 |
| Figura 52. Densidad seca vs CBR..... | 60 |
| Figura 53. <i>Limite Liquido(LL)</i> | 61 |
| Figura 54. Limite plástico..... | 62 |
| Figura 55. Diagrama de Clasificación de Suelos SUCS | 64 |
| Figura 56. Esquema de Clasificación AASHTO..... | 65 |
| Figura 57. Relación humedad – densidad | 66 |
| Figura 58. diagrama de Expansión | 68 |
| Figura 59. Diagrama esfuerzo vs Penetración..... | 69 |
| Figura 60. Densidad Seca vs CBR | 69 |
| Figura 61. Diagrama de Limite Liquido..... | 71 |
| Figura 62. Diagrama de Limite Plástico | 72 |
| Figura 63. Diagrama de Clasificación de Suelos SUCS | 74 |
| Figura 64. Diagrama de Clasificación AASHTO” | 75 |

| | |
|--|----|
| Figura 65. Relación Humedad – Densidad | 76 |
| Figura 66. Diagrama de Expansión | 78 |
| Figura 67. Diagrama Esfuerzo vs Penetración | 79 |
| Figura 68. Densidad Seca vs CBR | 79 |
| Figura 69. Diagrama de Limite Liquido | 81 |
| Figura 70. Diagrama de Limite Plástico | 82 |
| Figura 71. Diagrama de Clasificación de Suelos SUCS | 83 |
| Figura 72. Diagrama de Clasificación AASHTO | 84 |
| Figura 73. Diagrama Relación Humedad – Densidad..... | 85 |
| Figura 74. diagrama de Expansión..... | 87 |
| Figura 75 Diagrama Esfuerzo vs Penetración | 88 |
| Figura 76 Figura Densidad seca vs CBR..... | 89 |
| Figura 77 Curva granulométrica C1- C2..... | 91 |
| Figura 78 Resumen Limite Liquido LL | 92 |
| Figura 79 Resumen Limite plástico LP | 93 |
| Figura 80 Resumen Índice de Plasticidad | 93 |
| Figura 81 Resumen Optimo contenido de Humedad vs Mucilago | 94 |
| Figura 82. Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) vs Mucilago (%) | 95 |
| Figura 83 Expansión de Suelos vs Mucilago | 96 |
| Figura 84 Resumen CBR vs Mucilago..... | 97 |

Resumen

La presente investigación tiene como **objetivo** evaluar en qué medida la adición de “mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi”, estabiliza los suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay. La **metodología** utilizada fue de enfoque cuantitativo de tipo aplicada, nivel explicativo y **diseño** experimental. La **población** de la carretera Huilcarpay es de 2.3 kilómetros, para luego obtener una **muestra** de 02 calicatas y un **muestreo** de 04 diseños obtenidos al adicionar mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi al 0%, 30%, 60% y 90%, los principales resultados fueron: la máxima densidad seca, obtenida al suelo natural 0% de mucilago fue de 1.55gr/cm³ y al adicionar mucilago de cactus san pedro en sus diferentes porcentajes se obtuvieron resultados no favorables donde al 30%, 1.47gr/cm³; al 60%, 1.54%; y al 90%, 1.45%. y respecto a los límites de consistencia se obtuvieron resultados favorables en sus tres porcentajes con respecto al diseño de la muestra natural donde el índice de plasticidad al 0% de mucilago es 36.05% y adicionar mucilago de cactus san pedro se obtuvieron los siguientes valores al 30%, IP 27.84%; al 60%, IP 28.84%; y al 90% un IP 30.87%. y los resultados obtenidos del CBR fueron favorables en sus distintas dosificaciones, donde el CBR del suelo natural al 0% de mucilago de cactus san pedro es de 2.18%, lo cual según el MTC es un suelo inadecuado para una subrasante de carretera, y al adicionar mucilago en un 30%, 3.98%; al 60%, 4.84% según el MTC estos valores son insuficiente para una subrasante y al adicionar un 90% de mucilago de cactus san pedro se obtiene el mejor valor que es de 7.89% donde según el MTC considera como una subrasante regular.

Finalmente, la presente investigación concluye que al adicionar mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi a mayor porcentaje estas mejoran sus propiedades física y mecánicas de la carreteara Huilcarpay, por lo tanto, el suelo es favorable para ser utilizado como subrasante de carretera según el MTC.

Palabras clave: Mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, subrasante, carretera Huilcarpay.

Abstract

The present research aims to evaluate to what extent the addition of “San Pedro cactus mucilage *Echinopsis pachanoi*” stabilizes the soils, for subgrade case: Huilcarpay highway. The methodology used was of a quantitative approach of applied type, explanatory level and experimental design. The population of the Huilcarpay highway is 2.3 kilometers, to then obtain a sample of 02 pits and a sample of 04 designs obtained by adding mucilago of cactus san pedro *Echinopsis pachanoi* at 0%, 30%, 60% and 90%, the main ones Results were: the maximum dry density, obtained from the natural soil 0% mucilage, was 1.55gr / cm³ and when adding mucilage from San Pedro cactus in its different percentages, unfavorable results were obtained where at 30%, 1.47gr / cm³; 60%, 1.54%; and at 90%, 1.45%. and regarding the limits of consistency, favorable results were obtained in its three percentages with respect to the design of the natural sample where the plasticity index at 0% of mucilage is 36.05% and adding mucilage of san pedro cactus the following values were obtained at 30 %, IP 27.84%; 60%, IP 28.84%; and at 90% an IP 30.87%. and the results obtained from the CBR were favorable in its different dosages, where the CBR of the natural soil at 0% of San Pedro cactus mucilage is 2.18%, which according to the MTC is an unsuitable soil for a road subgrade, and at the same time add mucilage by 30%, 3.98%; At 60%, 4.84% according to the MTC these values are insufficient for a subgrade and when adding 90% of San Pedro cactus mucilage the best value is obtained which is 7.89% where according to the MTC it is considered a regular subgrade.

Finally, the present research concludes that by adding mucilago from the San Pedro cactus *Echinopsis pachanoi* to a higher percentage, these improve the physical and mechanical properties of the Huilcarpay highway, therefore, the soil is favorable to be used as a road subgrade according to the MTC.

Key words: San Pedro cactus mucilago *Echinopsis pachanoi*, subgrade, Huilcarpay road.

I. INTRODUCCIÓN

La **realidad problemática** que presenta esta investigación se refiere a que existen evidencias de peligros en los suelos de obras viales, algunas áreas presentan hundimientos e incluso rompimientos súbitos en la estructura. Esto sucede principalmente en suelos que presentan baja resistencia y alta permeabilidad al agua. Estas deficiencias en las estructuras viales se atribuyen mayormente a las características geológicas de los suelos, muchas veces sin tomar en consideración que existe una relación directa con las propiedades naturales de los suelos, tal como menciona (Ramos & Gómez, 2019). Tanto en Latinoamérica, como a nivel mundial surgen proyectos de investigación con el fin de determinar cómo adecuar a beneficio las propiedades de los suelos. Sin embargo uno de los problemas más usuales en esta área, particularmente para la construcción de carreteras, se debe a los suelos cohesivos presentes en la zona, realidad que crea un gran desafío para los profesionales que buscan desarrollar vías aptas en el mundo (Castro, et al. 2019). Según (Firoozi, et al. 2017) indica sobre esta problemática de adecuación de los suelos que se presenta a nivel mundial, Los métodos de mejora del suelo se centran en reemplazar el suelo problemático, y se sustituye por un suelo adecuado. Sin embargo, el alto costo que implica esta práctica ha creado la necesidad de buscar otras alternativas; Hoy en día dichos estabilizadores están disponibles en el mercado debido a su alta demanda. Como tal, el suelo estabilizado se obtiene de la combinación y optimización de las propiedades de los materiales constituyentes. (Esmail, 2012) manifiesta que el “refuerzo del suelo es un procedimiento en el que se utilizan aditivos naturales o sintetizados para mejorar las propiedades índices del sustrato. Hay varios métodos de refuerzo disponibles para estabilizar suelos problemáticos”. (Pino, 2010) indica que Debido a la falta de financiación en muchos países, deben ser establecidos técnicas de construcción y mantenimiento de vías más eficaz desde la perspectiva costo – efectividad.

Buscando el beneficio de toda la población de Huilcarpay y principalmente de los transportistas, se desea mejorar las condiciones de la carretera, ya que en dicha zona se observan suelos cohesivos que pueden provocar problemas más comunes que se originan en este tipo de suelos, lo cuales presentan características como: alto índice de plasticidad, baja capacidad de soporte, y suelos con altos niveles de permeabilidad. En esta zona existe una serie de fenómenos de inestabilidad, el cual necesita ser mejorado ya sea con un aditivo natural y/o químico o modificado con

un material que cumpla los estándares establecidos por el MTC. Los problemas más frecuentes en el lugar de estudio se presentan en dos épocas: En épocas de lluvia (problemas de expansión del suelo) y en épocas de sequía (problemas de exceso de polvo), ya que estas condiciones hacen que sea intransitable, lo cual es un problema para los pobladores de dicha zona. Lo que se busca en este tipo de suelos con bajo CBR es aplicar un método de mejora, con aditivos naturales a partir de esto se establece la premisa de utilizar y conocer, el Efecto del Mucilago de Cactus San Pedro *Echinopsis pachanoi*, en el mejoramiento de los suelos en la subrasante de la trocha carroable Huilcarpay. Con la siguiente investigación se busca restablecer las características de soporte y resistencia de la subrasante con el fin de optimizar una vía no pavimentada en la zona.

Figura 1. Carretera a nivel de subrasante Huilcarpay (Problema de Exceso de Polvo) en épocas de sequía



Fuente: Creación Propia

El **problema general** en esta investigación es ¿Cómo influye la adición de mucilago de cactus san pedro *Echinopsis pachanoi*, en estabilización de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? Cuyos **problemas específicos** son: ¿En qué medida la adición de mucilago de cactus san pedro *Echinopsis pachanoi*, mejora la máxima densidad seca de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? ¿En qué medida la adición de mucilago de cactus san pedro

Echinopsis pachanoi, mejora los Límites de consistencia, de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? ¿En qué medida la adición de mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, mejora la Capacidad de soporte (CBR) de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? A partir de lo cual se tiene la **Justificación técnica** para el empleo de aditivos naturales como el mucilago de cactus san pedro en la ingeniería geotécnica de los suelos, se vuelve una opción beneficiosa para aumentar la resistencia de los suelos, lo que aportara en la construcción de nuevas vías más estables, por esto se basa en evaluar distintas muestras con el aditivo natural del mucilago en porcentajes del 0%, 30%, 60% y 90% para conocer cómo actúan esta sustancia y ver el resultado como propuesta alterna para mejorar las características físicas y mecánicas del suelo a nivel subrasante. **Justificación económica** el llevar a cabo esta clase de investigación, en la cual se busca encontrar soluciones para la estabilización de este tipo de suelos, se solucionará la problemática mediante el empleo de técnicas aplicables, funcionales que, debido a sus métodos ensayados y estudio de costos, representan una reducción de gastos para la propuesta y desarrollo de proyectos viales. **Justificación social** la carretera de Huilcarpay es una vía de conectividad para las diferentes comunidades como son: Molleray (Kesallay), Punakancha y Ttancarpata, por lo tanto, urge mejorar las condiciones de este tramo ya que dicha infraestructura ayuda al aprovechamiento de los recursos de la zona.

El **objetivo general** es evaluar en qué medida, la adición de mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, estabiliza los suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay. Y los **objetivos específicos** son: Determinar el efecto de la máxima densidad seca al adicionar mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, en la subrasante de carrera Huilcarpay; Determinar los efectos de los Límites de consistencia, al adicionar mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, en la subrasante de carrera Huilcarpay; Determinar el efecto de la Capacidad de soporte (CBR), al adicionar mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, en la subrasante de carrera Huilcarpay. Teniendo como **hipótesis general**: La adición de mucilago de cactus san pedro estabiliza los suelos, para subrasante en la carretera Huilcarpay. Y las **hipótesis específicas** son: La adición de mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi, mejora significativamente la máximas densidad seca del suelo, para subrasante caso: carretera Huilcarpay;

La adición de mucilago de cactus san pedro *Echinopsis pachanoi*, mejora significativamente los Límites de consistencia, de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay; La adición de mucilago de cactus san pedro *Echinopsis pachanoi*, mejora significativamente el soporte CBR de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro de los Antecedentes **internacionales**, (Silva et al, 2020) menciona como objetivo de su investigación: “establecer la presencia de componentes orgánicos (mucilago de nopal)” partiendo del estudio en morteros del convento de San Diego localizado en el centro histórico de la ciudad de Quito - Ecuador; se llevó a cabo el proyecto experimental-explicativo con nueve (9) muestras de morteros extraídas de un edificio correspondiente a la época colonial, las muestras son: de adobe, mortero de pisos y enlucidos, a su vez, dichos fragmentos provienen de distintas épocas de construcción, partiendo de: 1597 a 1700; esta indagación encontró que en los morteros analizados, hay la presencia del mucílago de nopal. Para realizar una valoración se obtuvieron patrones del mucilago, para esto se tomaron dos muestras de la baba de nopal: la primera muestra fue obtenida a temperatura ambiente, la misma que al tacto es ligera y pegajosa, y la segunda muestra fue extraída por medio de cocción a una temperatura de entre 90 a 100 C°, esta al tacto es mucho más densa y adherente. Así mismo, el uso de la cal fue añadido comparando la acción de la cal viva, respecto a la cal apagada (ahogada) lo que genera plasticidad adicional en el material. Con estos patrones se realizó la comparación del patrón obtenido de los morteros antiguos, como resultado se obtuvo que los patrones que coinciden entre sí, son los espectros obtenidos por cocción con el obtenido de los morteros antiguos, lo que determina que se utilizó el mucilago de nopal en la construcción en la época colonial.

En lo **nacional** Mendizábal, (2018), cuyo objetivo central fue estudiar los efectos en la subrasante al agregar goma (mucilago de penca de tuna) con la finalidad de estabilizar los suelos de tipo arcilloso, en el Jirón La Unión, Chilca, Huancayo, 2018. La metodología empleada para la presente investigación es de tipo descriptivo – explicativa. La población es el Jirón La Unión, distrito de Chilca – Huancayo – Junín, el cual está comprendido por 11 cuadras. Aplicaron un muestreo no probabilístico, la investigadora llevo a cabo el proceso de selección, y la muestra conformo la cuadra 10 y 11 del Jirón La Unión del distrito de Chilca – Huancayo– Junín. Instrumentos empleados. Formatos de ensayos de laboratorio, ficha de análisis, en la cuales se llevó a cabo la comparación de data extraída a partir de distintos grados de incremento de la goma más conocido como mucilago de nopal. Los resultados que sean obtenido demostraron que las características de los suelos cambian debido al incremento del estabilizante a base de penca de tuna en sus diferentes

adiciones. Se presentan pruebas del aumento en el límite líquido, asimismo mejora el límite plástico, una evidente reducción del índice de plasticidad, la expansión de los suelos se reduce, al aumentar el mucílago de penca de tuna, también aumenta el CBR a 7.6% con 25% de mucílago de penca de tuna, a 9.4% con el incremento de 50% de mucílago de penca de tuna y de 11.8% con el incremento de 75% de mucílago de penca de tuna. Según el Manual de carreteras los tipos de suelos utilizables para las capas de subrasante presentan un CBR \geq 6%, a partir de esto se determinó que, aquellos suelos adicionados con las tres dosis de estabilizante de cactus presentan características ideales para ser usados capa de subrasante de carretera. Y se concluye que al dosificar un 75% de mucilago de penca de tuna aporta mejores resultados de las características mecánicas y físicas del suelo para subrasante en el Jirón La Unión.

(Figuroa, 2020). En el cual tiene como objetivo conocer la influencia al usar mucilago de la penca de tuna para mejorar los suelos denominados blandos del distrito de Lurín. La metodología de Investigación fue de tipo Explicativo Correlacional: esto quiere decir que se establece una relación causa y efecto para la explicación del fenómeno estudiado. Y para la población se consideró Todos los posos explorativos de los distintos tipos de suelos del AA.HH. Nuevo Lurín III, en el distrito de Lurín. Y esta muestra representativa está regida por la NTP E.050, del manual de suelos y cimentaciones. Según el tipo de estructura es de tipo B, donde en la Tabla correspondiente indica la cantidad de ítems a estudiar según el tipo de estructura que se desea construir, en este caso que sería una calicata cada 450m². (NTP, mínimo 03 Calicatas), para la construcción de una edificación de 120m², en el AA.HH. Nuevo Lurín III, en el distrito de Lurín. Los Instrumentos utilizados provienen de metodologías del análisis documental, este brinda la oportunidad de extraer información mediante el estudio y comparación de los ensayos realizados en la investigación que presenta experiencias previas en cuanto a la adecuación de subrasante. Los resultados obtenidos en este estudio, al optar cantidades de mucilago de penca de tuna que van desde un 30% hasta el 70%, en todas las muestras se efectuó un incremento ideal del contenido óptimo de humedad(CHO), el aumento de la Resistencia del suelo y la reducción del porcentaje de expansión del terreno. Concluye que con el fin de expandir la investigación recomienda llevar a cabo ensayos superiores a 70% de Mucilago de Penca de Tuna.

(Nieto, & Tello, 2019) Teniendo como objetivo elaborar un diseño de una unidad de albañilería de adobe, empleando el mucilago de penca como estabilizante además de que aporta propiedades de resistencia alargando su vida útil de la edificación de viviendas populares. Este proyecto se llevó a cabo de forma experimental, esto se debe a que sometieron su variable a diferentes parámetros para posteriormente observar y evaluar los cambios efectuados en esta. Cuya población se tomó la zona Sierra del Perú, la razón de esto fue que en dicha área existe una gran cantidad de construcciones de este material, aunado a la costumbre de construir, ampliar y mejorar las viviendas, no obstante, a las lluvias e inclemencias climáticas de la región. Esta investigación selecciono como muestra representativa al distrito de Huarochirí de la provincia de Huarochirí en la región Lima. Para determinar estos se basaron en tres características determinantes. La validez de esta investigación proviene de diferentes pruebas realizadas: para los suelos pruebas previas de campo y laboratorio, para los derivados de penca (mucilago) ensayos de viscosidad y densidad; además las unidades estabilizadas con este derivado y las unidades convencionales de adobe se examinaron a través de ensayos mecánicos y físicos. De las muestras obtenidas reflejaron que el espécimen estabilizado tiene mejores características que aquellas de adobe tradicional, se concluyó que las dosis ideales eran de D: 20.5% y D: 18.0 % las cuales tienen un resultado en el ensayo de compresión de 23.3 kg/cm² y 25.2 kg/cm², en flexión 17.62 kg/cm² y 17.61 kg/cm², en absorción 10.99% y 11.43%, para la prueba de inmersión resultaron daños leves, así como en el ensayo de chorro de agua con 4.89 mm y 5.31 mm de profundidad de penetración respectivamente. A partir de los datos obtenidos es posible establecer que la viscosidad y densidad del derivado de penca tiene una relación inversamente proporcional, donde a mayor viscosidad menor es su densidad.

Quintana, & Vera, (2017) En el cual el objetivo de su investigación fue determinar la resistencia a la erosión y la resistencia a la compresión axial del adobe de tierra cruda (adobes) sustituyendo en distintos porcentajes la cantidad de agua por mucilago de tuna en 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. La metodología del estudio según su finalidad es del tipo experimental. La población seleccionada para esta investigación fue la unidad del Adobe de 25x13x10 cm este es normalizado por la norma E0.80, en donde se le reemplazo el agua por mucilago de penca de Tuna en

variaciones porcentuales desde 0%, hasta 75% y 100% en relación al peso de adobe. Los instrumentos empleados fueron pruebas de campo para la clasificación del suelo, ensayos en Laboratorio. Con los resultados fue posible comprobar la Hipótesis principal planteada, lo cual indica que al realizar muestras de adobes reemplazando el agua en peso por mucílago de tuna en dosificaciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, donde concluye que la unidad de adobe adicionado con mucilago tiene mejor resistencia a compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la absorción con respecto a un adobe clásico.

Cactus San Pedro. “Es una planta cactácea de nombre científico *Echinopsis Pachanoi*, proviene del Ecuador y de la costa norte del Perú”, (Benítez, 2017).

La especie (*Trichocereus pachanoi*) fue descrita por Britton & Rose en 1920, a partir de ejemplares recolectados por J. N. Rose, A Pachano, y George Rose en Cuenca, Ecuador, el 17 al 24 de septiembre, 1918 (No. 22806, tipo). El nombre científico de este cactus es “Nombrada en honor al profesor Abelardo Pachano de la Quinta Normal en Ambato, Ecuador” (Lumbreras, & otros, 2013). Se distribuye en el centro de los andes entre 1830 y 2750 msnm. Su nombre popular es Achuma en (Brasil), huachuma (zona andina norte) y aguacolla, gigantón en (Ecuador) es de crecimiento natural o cultivado (Llamazares & Martínez, 2004). El Cactus san Pedro contiene varios tipos de alcaloides, principalmente mescalina. Representa una tradición cultural milenaria que ha preservado hasta la actualidad. Mientras que en las poblaciones originarias su uso es ritual (Mandujano & Mandujano, 2014). “Uno de los principales empleos de la familia Cactácea está directamente relacionado con la extracción de mucílago. Los tallos y las hojas secretan un líquido viscoso que es una sustancia gomosa o hidrocoloide, su composición principalmente está formado por polisacáridos” (Días & otros, 2019).

Mucilago. (Villanueva, 2019) Expone las capacidades de estas sustancias para disolverse en agua, de lo cual parten soluciones mucilaginosas o geles cuyas propiedades dan pie a su empleo como pegamentos y agregados aglomerantes. Las gomas y mucílagos son conocidos como materias cuyo origen proviene de plantas. Este es extraído mediante procesos como exudación de los frutos, tronco o ramas de las plantas, esto puede ser de forma natural o por extracción mecánica mediante una incisión en el sujeto, a partir de la eliminación de una rama o inclusive por la infestación de insectos o bacterias. (Ministerio del Ambiente, 2013) destaca

los usos y aplicaciones de estas plantas en el Perú, gran variedad de cactus formaron parte de los materiales empleados por generaciones pasadas de peruanos trazados a partir de periodos precolombinos hasta la actualidad. En la zona costera se registraron sus primeros usos, aplicados de forma cotidiana creando herramientas de casa tales como agujas, peines, anzuelos, entre otros, más comúnmente empleando las espinas; además se destaca en la elaboración de argamasa, lo cual se comporta como un aglutinante que al secar adquiere una composición muy dura y fue utilizado para la construcción de antigua viviendas. (Suarez & otros,2017) ratifica que "El mucílago es un líquido viscoso que se extrae del cactus que se ha utilizado en la construcción vernácula. Está compuesto principalmente por polisacáridos altamente solubles en agua y puede funcionar como cementante". (Carod & Vázquez, 2006) menciona que el cactus San Pedro presenta en su constitución alcaloide, mezcaltina así como otras sustancias provenientes de fenetilamina, que tiene efectos alucinógenos. El cactus San Pedro fue utilizado a través de distintas épocas por diferentes culturas precolombinas y poblaciones que se desplazaron más al norte del Perú.

Análisis físico – químico del cactus San Pedro.

Densidad. conocida como la relación entre la masa por la unidad de volumen, su unidad en el (SI) [kg/m³]. Un fluido uniforme es caracterizado porque su densidad no se altera de un punto a otro, es posible calcular esta mediante la fórmula siguiente" (Martín, 2011).

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Viscosidad. Es una medida de su resistencia a gradual deformación por tensión, cuando un fluido se corta, comienza a moverse a una velocidad de deformación inversamente proporcional a una propiedad llamada coeficiente de viscosidad. (Munson, 2013)

PH. El pH se refiere a una escala de medida que determina si una solución es acida o básica. "El pH indica la manifestación de iones hidronio [H₃O⁺] presente en algunas disoluciones y se calcula con la siguiente ecuación" (Vázquez & Rojas, 2016).

$$pH = \log_{10}[H^+]$$

Cloruros. Los cloruros son elementos que se encuentran en aguas brutas y tratadas en concentraciones que varían a partir de pequeños trazos hasta centenas de mg/l. Se presentan como cloruro de sodio, calcio y magnesio. (Fundación Nacional, 2013)

Sulfatos. Los sulfatos después de los bicarbonatos, son los principales aniones presentes en el agua. En el caso de sulfatos que se encuentran naturalmente existe la posibilidad de que su origen provenga de algún depósito natural de minerales o por denostación atmosférica, (Castro, et al, 2019).

Sales solubles. Las sales solubles se refieren a iones solubles y se miden indirecta y acumulativamente a través de la conductividad eléctrica (Matthew et al., 2020)

Conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica se refiere a la habilidad de los materiales o solución para conducir electricidad. De forma que aumentan las sales solubles en el suelo, la solución del suelo se convierte en un mejor conductor de electricidad (Gartley, 2011)

Estabilización de suelos. (Alhaji, 2015). Menciona que La estabilización del suelo es una técnica introducida hace muchos años. con el objetivo principal de hacer que los suelos sean capaces de cumplir con los requisitos de los proyectos de ingeniería. Según (Alarcón et al, 2020) menciona que los procesos de estabilizar los suelos es aumentan las características físicas, mecánicas y resistencia, y estas tienden a mantenerse en el tiempo. Para desarrollar el diseño de estabilización de suelos es necesario clasificar los suelos, luego se ha de seleccionar el tipo y una cuantía de estabilizante, y el conjunto de pasos para llevar a cabo una estabilización exitosa. (Hossain, 2011), expone que la estabilización de los suelos es probada mediante estándares de compactación, elasticidad, humedad y otros establecidos para estudiar su viabilidad una vez modificados. (Dallas, 2009). Menciona que, el proceso de estabilización se puede modificar ampliamente desde la formación de nuevos compuestos que unen las partículas de suelo más finas hasta el recubrimiento de las superficies de las partículas con el aditivo para limitar la sensibilidad a la humedad.

La subrasante. Es la superficie del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno del suelo natural, que resiste la estructura de la vía, estos suelos seleccionados están conformados de propiedades favorables y compactados por

capas para establecer una superficie estable en perfecto estado, de tal forma que esta no se vea dañada por la carga de diseño que ejerce la carga vehicular. (MTC, 2014) p. 24.

Caracterización de la sub rasante. con el fin de conocer las características físicas y mecánicas existentes en los materiales que conforman la subrasante se indagará aplicando ensayos de ejecución de calicatas de 1.5 m de profundidad establecida MTC, (2014) p. 28. Según (Waheed, 2015) en cuanto a la caracterización de suelos para determinar las propiedades ideales para la construcción de carreteras, se realizan ensayos de laboratorio y establecer las características físicas del suelo.

Granulometría. se refiere a la variedad y repartición de tamaños que posee el material, esto se establece mediante un estudio de tamizado siguiendo especificaciones determinadas. Este análisis se lleva a cabo con el fin de determinar en qué cantidad se encuentran sus distintos elementos constituyentes, los cuales son clasificados según su tamaño, (MTC, 2014) p. 37) (ASTM D 422). Establecida por la normativa MTC E 107, ASTM D 422

Tabla 1

Clasificación de Suelos Según tamaño de Partícula

En la tabla 1 se observa la clasificación del suelo según el tipo de material y sus tamaños de las partículas según el manual de carreteras MTC 2014. (Ver anexo 3 tabla1).

Clasificación de suelos SUCS: existen cuatro grandes grupos de clasificación en granulometría, los cuales son: Grava, cuyos granos tienen un tamaño entre unos 80mm.y 4,75mm. Se caracterizan por ser fácilmente observables, existen marcados espacios entre los granos y no retienen agua. Arenas, estas partículas tienen una medida de 4,75mm. Y 0,075mm. Son visibles y no cambian sus características al agregar agua. Limos, sus partículas miden entre 0,075mm. Y 0,002mm. Estas presentan retención de líquidos, a partir de esto se presenta la formación de una masa lima-agua y tomando la mezcla en la mano, al sacudir esta se observa el agua se segrega con facilidad. Arcillas, conformadas por granos de tamaños menores a 0,002mm. Estas partículas son de tamaño de un gel, compuestas por minerales requeridos, compuestas por cadenas de elementos tetraédricos, conectados por vínculos covalentes frágiles, las moléculas de agua pueden entrar entre las cadenas, resultando en un aumento de volumen, que a

veces es muy importante. Por tanto, tienen una fuerte capacidad de retención de agua y una porosidad muy alta (huecos, pero una gran superficie de absorción en las partículas). (Muelas, 2010 p.10). “La clasificación de ingeniería del suelo permite a los ingenieros estimar en general el tipo de suelo y el rango de sus propiedades mecánicas”. (Kovačević & otros.2018).

Límites de consistencia.

Límite Líquido. (MTC, 2016) se refiere a una prueba de laboratorio empleada ampliamente para determinar los fragmentos de partículas finas de suelos y para especificar los fragmentos de partículas de materiales de edificación (ASTM D1241), (MTC E 110).

Límite plástico (PI). Se precisa como el contenido de humedad, en porcentaje (%), en el que el suelo al enrollar rollitos de forma cilíndrica de 3.2 mm de diámetro, se agrieta. El LP es el límite menor del escenario plástico del suelo (Braja, 2015) p. 65)

Índice de Plasticidad (IP). Es tomado de la resta de valores entre los LL y el plástico, cuyo valor representa el rango de humedad en donde el suelo se conserva plástico .(Dávila et al., 2008) p. 27

$$LL - LP = \text{ÍNDICE DE PLASTICIDAD}$$

Tabla 2

Clasificación de suelos Según Índice de Plasticidad(IP)

En esta tabla se encuentra la clasificación del suelo según sus parámetros de índice de plasticidad con sus respectivas características según manual de carreteras MTC 2014. (Ver anexo 3 tabla 2)

Proctor modificado. Esta prueba comprende los procesos de compactación utilizadas en Laboratorio de suelos, para establecer la relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del suelo (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulga) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), generando una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)) (Manual de Ensayos, MTC, 2016).

El ensayo C.B.R. Este fue creado en California en 1929. A partir de esta fecha el ensayo C.B.R. se ha vuelto común en Europa y los Estados Unidos, y es un método para clasificar el suelo que se utiliza como lecho de la carretera o como material básico en el desarrollo de vías. (Martinez & Casas, 2011). El C.B.R. (California Bering Ratio) determina la resistencia al corte del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad, lo que permite obtener una relación de carga en (%). (Martinez & Casas, 2011). las relaciones de soporte se adquieren a partir de muestras de ensayo que tienen el mismo peso unitario y contenido de humedad que se espera hallar en el suelo. En general, la condición de humedad crítica se tiene cuando el suelo se encuentra saturado. Por este motivo, el método original del cuerpo de Ingenieros de E.U.A. considera el ensayo de los especímenes luego de estar sumergidos en agua por un período de 96 horas confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el suelo. (Manual de Ensayos de Materiales, MTC, 2016). El CBR se obtiene de una prueba de penetración, que evalúa indirectamente la fuerza de los suelos y son parámetros de compactación obtenidos de la prueba Proctor modificada. (Duque & otros,2020).

Tabla 3

Categorías de Subrasante

En esta tabla se encuentra la categorización de la subrasante según los parámetros del CBR. (Ver anexo 3 tabla 3)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Enfoque: cuantitativo

En el actual estudio se aplicará aditivo natural mucilago de cactus San Pedro adicionados en porcentajes distintos para obtener mejoras de las características físicas y mecánicas de suelos finos en la carretera de Huilcarpay.

Según (Cabezas Mejía et al, 2018) comprueba las hipótesis planteadas a partir de los datos recogidos por la investigación, este método se basa en una medida numérica y estudio estadísticos, para fijar patrones de comportamiento y probar teorías (p. 19).

La investigación es **aplicada** donde se analizará el efecto del mucilago de cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi en diferentes porcentajes, al 0%, 30%, 60% y 90% en función al peso, a través de estudios de laboratorio como son: límites de consistencia, máxima densidad seca y el CBR. Este tipo de indagación es aplicada en la cual utiliza conceptos existentes para aplicarlo en el mejoramiento de suelos de la carretera Huilcarpay.

(Arispe et al., 2020) “Se enfoca en determinar a través de conocimientos científicos, de los medios (tecnologías, metodologías y protocolos) con la cual se puede ayudar a solucionar una carencia reconocida, práctica y específica” (p. 62)

Nivel: Explicativo

El uso del mucilago de cactus san pedro intenta estabilizar los suelos finos de la carretera Huilcarpay y busca una explicación del porqué, mejora su plasticidad, densidad y el CBR. Mediante los ensayos de laboratorio de suelos.

(Arias, 2012) El tipo de investigación explicativa es aquella que busca la razón y punto de origen de los hechos a partir de establecer relaciones de causa y efecto. De esta forma este tipo de estudios pueden enfocarse tanto de la identificación de las causas, como de los efectos como en este caso es una investigación experimental, a través de la constatación de hipótesis. Para estos autores los resultados y conclusiones de la estructura explicativa compone un nivel más profundo de conocimiento (p. 26)

Diseño: Experimental

Se busca la manipulación de la variable independiente que es el mucilago de cactus san pedro Echinopsis pachanoi en la variable dependiente, en proporciones de 0%, 30%, 60%, Y 90%, se busca conocer y evaluar el efecto que produce este mucilago

en relación a la plasticidad, densidad y CBR del suelo, cuyos resultados se obtendrán en laboratorio, para luego analizarlos. (Akhtar, 2016) conceptualiza que el diseño experimental “utiliza para probar un diseño de investigación de relación causal en una situación controlada se denomina diseño experimental. en otras palabras, podemos decir que es un diseño en el que se manipulan algunas de las variables que se estudian”. (Álvarez, 2020) ratifica que el diseño experimental es cuando los resultados se adquieren por observación de hechos condicionados por el examinador, en donde se utiliza una variable y se espera la respuesta de la otra variable.

3.2. Variables y operacionalización

Variable de independiente

Aditivo natural mucilago de cactus San Pedro Echinopsis pachanoi.

Mucilago de cactus san pedro. El cactus San Pedro cuyo nombre científico es Echinopsis Pachanoi, que proviene de Ecuador y de la zona costera norte de Perú.(Benítez, 2017). El mucilago de cactus san pedro fue Utilizado por los antiguos peruanos en la preparación de argamasa (mezcla de varios materiales), era usado como material aglutinante y al secarse este cambiaba a una constitución dura, esto ayuda el incremento de la resistencia mecánica, sin embargo de igual manera afecta la maleabilidad de la mezcla fresca de mortero y se usaba antiguamente en la construcción de casas (Ministerio del Ambiente, 2013).

Variable dependiente

Estabilización de subrasante de la carretera de Huilcarpay, se realizaron 2 calicatas para extraer las muestras de suelo para luego, en laboratorio de suelos dosificarlos con mucilago de cactus San Pedro en diferentes porcentajes. Se realizarán los ensayos de máxima densidad seca. Límites de consistencia y CBR.

Matriz de operacionalización ver anexo 2

3.3. Población, muestra y muestreo

Población. En este trabajo de estudio la población representa a: la carretera hacia la comunidad de Huilcarpay del distrito de San Sebastián - ciudad del Cusco. Tramo comprendido de 02+300 km”.

Para (Arias, 2012) cuando hablamos de población “se refiere al grupo finito o infinito de individuos que presentan características en común que son amplias las conclusiones de investigación. La población ha de ser seleccionada y limitada según el problema y objetivos de estudio”.

Muestra. La muestra se comprende como el subconjunto que representa una fracción del universo o población, se selecciona con una diversidad de metodologías según la conveniencia del investigador, con el objetivo de priorizar la representación de la población en general. (Ñaupas, et al. 2014). Se utilizaron datos estadísticos obtenidos a partir de fórmulas para determinar el tamaño de la muestra a emplear. (Arias, 2012)

$$n = \frac{N \times Z \times \sigma^2}{(N - 1)E^2 + (Z^2 \times \sigma^2)}$$

En donde:

n igual Tamaño de la muestra

Z igual Valor asociado al nivel de confianza

E igual Error de la estimación

N igual Tamaño de la población

σ^2 igual Varianza de la población

$$n = \frac{2.3 \times 1.96 \times 0.5^2}{(2.3 - 1)0.10^2 + (1.96^2 \times 0.5^2)} = 2.27$$

$$\mathbf{n = 2}$$

Por lo tanto, se realizó dos calicatas en la carretera de Huilcarpay.

Muestreo. El método de muestreo aplicado es de tipo probabilístico o aleatorio el cual se caracteriza porque se conoce el porcentaje de probabilidad que cada elemento tiene de ser seleccionado para la muestra, para esta investigación se tomó las cuotas aleatorias donde la primera se encuentra en la progresiva 0.600km y la segunda en progresiva 01+900km.

Tabla 1. Tipo de muestreo. se tomó el Muestreo al azar simple, método que presenta la particularidad de que cada elemento tiene la misma probabilidad de ser seleccionado. (Arias, 2012) Se toma la muestra del suelo extraído, para luego llevarlos al laboratorio para conocer los efectos del mucilago de cactus san pedro en las propiedades geotécnicas del suelo en diferentes porcentajes que son: 0%, 30%, 60% y al 90%.

Tabla 4

Diseño de Porcentajes al 0%,30%,60% y 90%, en Función a un 1ltr

| Diseño de porcentajes al 0%,30%,60% y 90%, en función a un 1ltr | | |
|--|--------------|----------|
| Nombre | Mucilago (%) | Agua (%) |
| M - 1 | 0% | 100% |
| M - 2 | 30% | 70% |
| M - 3 | 60% | 40% |
| M - 4 | 90% | 10% |

Fuente: Creación propia

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Según (Arispe, et al. 2020) son la serie de pasos, y trabajos que lleva a cabo el investigador a obtener la información, estos permiten alcanzar los objetivos y de esta manera poner a prueba la hipótesis de investigación. (p. 78) para el siguiente estudio se aplicará el método de la observación directa para la documentación de la información.

Instrumentos de recolección de datos. Según (Arias, 2012) es aquel recurso, dispositivo o formato (en físico o digital), esta utiliza para lograr, anotar o recolectar información (p. 68). El presente trabajo de investigación utilizo fichas de recopilación de datos usando formatos e instrumentos estandarizados en todos los ensayos de laboratorio, en los cuales se registró todos los datos utilizados y resultados obtenidos, para luego realizar los análisis correspondientes.

Validez de los Instrumentos. La prueba de viabilidad de los instrumentos “se basa en un proceso de validación que es realizado por expertos en materiales con una calificación educativa mínima de posgrado y un mínimo de experiencia por cinco años con experiencia en el ámbito de la Geotecnia” (Suhairiani & otros,2020). Para la validez de los instrumentos, estos fueron verificados por profesionales expertos en mecánica de suelos.

Tabla 5

Validez de los Instrumentos por Profesionales

| N° | Grado Académico | Nombre y Apellidos | CIP | Ver anexo N° |
|----|-----------------|-------------------------|-------|--------------|
| 01 | Ing. Civil | Sergio I. Liendo Vargas | 65074 | 04 |
| 02 | Ing. Civil | Román Villegas, Eigner | 66285 | 04 |
| 03 | Ing. Civil | Noé Arriola Valencia | 15004 | 04 |

Fuente: Creación propia

La Confiabilidad de los Instrumentos. La confiabilidad para (Rafael, 2017) “es el nivel de precisión y exactitud de la medida, esto se evidencia si al aplicar la misma prueba al mismo sujeto bajo condiciones iguales los resultados son inalterables” (p. 104). El presente estudio de investigación, los instrumentos cuentan con la aprobación certificada de calibración vigente utilizados en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos como son:

Certificado de calibración N^a LFP-545-2020 equipo ANILLO DE CARGA PARA PRENSA CBR, fue calibrado, probado y verificado utilizando patrones certificados por INACAL

Certificado de calibración N^a LM-719-2020 herramienta de medición BALANZA.

3.5. Procedimientos

Etapa 01: Estudios de campo

Extracción de cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi

Ubicación

Accesibilidad

Herramientas De Extracción

Extracción Del Material

Extracción del material para subrasante de Carretera Huilcarpay - Cusco

Ubicación

Accesibilidad

Herramientas De Extracción

Extracción Del Material

Etapa 02: Ensayos del Cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi

Análisis físico-Químico del cactus San Pedro

Densidad

Viscosidad

PH

Cloruros

Sulfatos

Sales solubles

Conductividad eléctrica

Etapa 03: Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

Las pruebas de laboratorio están realizadas bajo la guía de expertos y basados en el Manual del MTC 2016.

Ensayo de laboratorio de suelos

Análisis granulométrico del suelo

Límites de plasticidad

Ensayo de compactación de Proctor modificado

CBR (Relación de Soporte de California)

Etapa 04: Obtención de resultados con porcentajes de adición de 30%, 60% y 90% de mucilago de cactus San Pedro.

3.6. Método de análisis de datos

Este estudio se lleva a cabo a partir de los grados medibles de las variables y mediante la estadística, esto es útil para estimar parámetros y demostrar hipótesis basadas en la distribución muestra que pueden ser descriptivas. (Fernandez, et al, 2014).

Para la presente investigación, los resultados arrojados por las pruebas de laboratorio de mecánica de suelos en sus distintas dosificaciones con el aditivo del cactus, se realizaron cuadros comparativos, análisis estadísticos y gráficos representativos; se utilizó la herramienta de Microsoft Excel para el procesamiento de datos recolectados.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio se desarrolló con principios de moral, de respeto a los trabajos de investigación tomados como referencia, siendo estas citadas a cada uno de los autores, cumpliendo con todas las bases de anti plagio y originalidad de la investigación, lo cual será filtrado por la herramienta web turnitin para su verificación.

IV. RESULTADOS

Etapa 01: Estudios de campo

Extracción de cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi

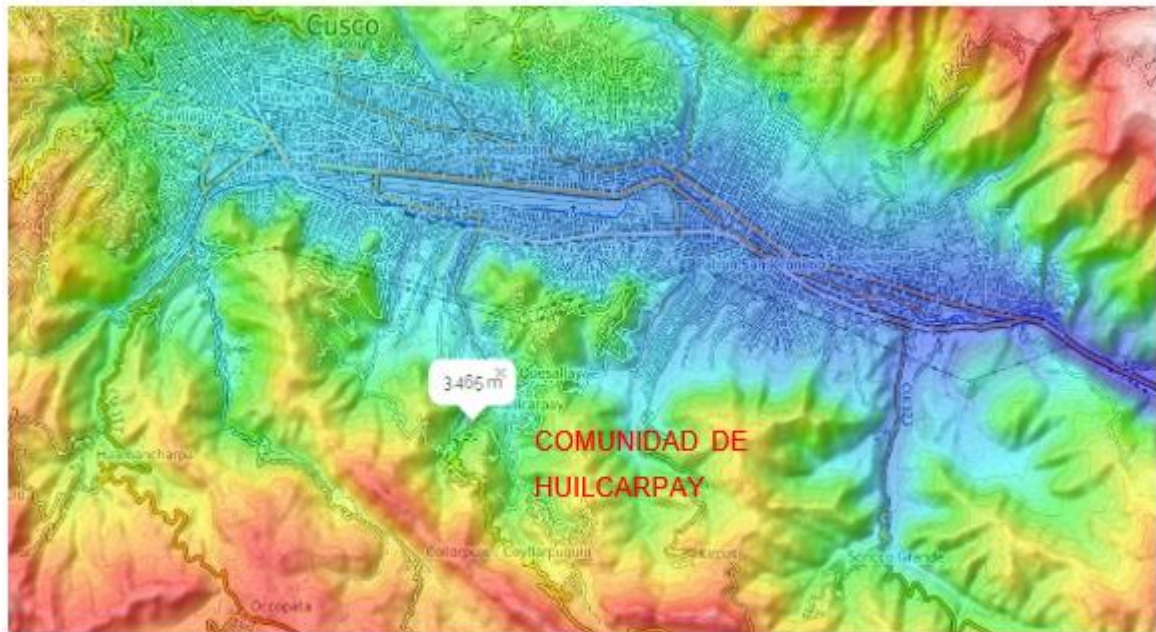
Ubicación. Para la extracción del cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi, se viajó a la localidad de Huilcarpay distrito de San Sebastián provincia del Cusco a 2.7 kilómetros de la asociación de agua buena del distrito de San Sebastián, en donde se encuentra en su hábitat natural a 3465 m.s.n.m.

Figura 2. Referencia del Distrito de San Sebastián



Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020)

Figura 3. Mapa Topográfico Altitudinal



Fuente: topographic-map.com

Accesibilidad. La comunidad de Huilcarpay se encuentra a 2300 m desde la asociación agua buena para llegar a la zona de extracción de cactus San Pedro. Nos dirigimos al noroeste de la zona mencionada a 00+400 km. Para llegar a este lugar partimos del paradero de agua buena cruzamos la línea férrea donde a la fecha podemos encontrar servicios de transporte colectivo como son los taxis en un tiempo aproximado de 20 minutos.

Herramientas de extracción. Para su extracción del cactus san pedro se utilizó las siguientes herramientas y equipos de protección: serrucho, cuchillo, baldes, alicate, guantes, zapato de seguridad y pizarra.

Figura 4. *Herramientas Utilizadas para la Extracción del Cactus San Pedro*



Fuente: Creación propia

Extracción y obtención del mucilago. Para la extracción del cactus San Pedro se utilizó un serrucho para su cortado, luego se llevó a un lugar adecuado para retirar las espinas con el apoyo de un alicate y posteriormente se colocó en los baldes para su traslado al laboratorio.

Para la extracción del mucilago se realizó a temperatura ambiente, se cortó el cactus en trozos pequeños para luego ser sumergido en agua con una dosificación. Según (Silva et al. 2020) en una proporción de 1:2, es decir 1 kg de cactus y 2 litros de agua. El periodo de remojo y obtención del mucilago fue a los 8 días se utilizó una malla fina para la separación de la materia sólida del mucilago, para luego ser almacenadas en baldes. (Quintana, & Vera, 2017) afirman que en la estación de veranillo (20 a 25° C) y 78% a 88% de humedad relativa), se ve disminuido el lapso de remojo óptimo, el cual se consideraría entre los 7 y 14 días

Figura 5. Selección del cactus san pedro de Acuerdo a su Madures



Figura 6. Eliminando los Espinos del Cactus san Pedro.



Fuente: Creación propia

Figura 7. Picado y Pesado de Cactus San Pedro.



Fuente: Creación propia

Figura 8. Reposo de Cactus san Pedro por 8 días



Figura 9. Separando el Mucilago de los Sólidos del Cactus



Fuente: Creación propia

Figura 10. Mucilago Extraído a los 8 días



Fuente: Creación propia

Extracción del material para subrasante de carretera Huilcarpay - Cusco

Ubicación. La investigación se realizó en la trocha carróza de Huilcarpay del distrito de san Sebastián provincia de cusco, siendo esta carretera el lugar de estudio en el cual se llevaron a cabo 02 calicatas, de donde se extrajeron muestras de suelo, la primera se encuentra en la progresiva 00+600 km y segunda calicata en la progresiva 01+900 km. (Ver figura11).

Figura 11. *Ubicación de las Calicatas 01 - 02*



Fuente: Creación propia

Figura 12. Calicata 01



Figura 13. Calicata 02



Fuente: Creación propia

Accesibilidad. El acceso al lugar de investigación de la carretera Huilcarpay está a 00+600 km, para llegar a la primera calicata y a la segunda calicata 01+300 km. Del paradero de agua buena nos dirigimos al noroeste de la zona mencionada cruzamos la línea férrea donde a la fecha podemos encontrar servicios de transporte colectivo como son los taxis en un tiempo aproximado de 8 minutos a la primera calicata y 5 minutos más a la segunda calicata.

Herramientas de extracción. - Para la extracción del material se utilizó las siguientes herramientas y equipos: guantes, pala, pico, saquillos, pizarra y plumones. (Ver figura 14)

Figura 14 Herramientas Utilizadas en la Excavación



Fuente: Creación propia

Extracción del material. La muestra extraída se realizó de las 02 calicatas, la primera a 00+600 km. Y la segunda a 01+900 km. de la carretera agua buena - Huilcarpay. Distrito de san Sebastián, cada una con un peso de 200kg; luego llevadas al laboratorio para realizar el estudio necesario, el número de calicatas se determinó de acuerdo a la fórmula de la población.

Figura 15. *Extracción del Suelo Calicata 01*



Figura 16. *Extracción del Suelo Calicata 02*



Fuente: Creación propia

Etapa 02: Ensayos del mucilago cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi

Análisis físico-Químico del cactus San Pedro

Densidad. - Ensayo de densidad de goma o mucilago de cactus San Pedro - método del picnómetro.

Para obtener la densidad del mucilago del cactus San Pedro se utilizó el método del picnómetro con el fin de determinar la densidad natural de este aditivo, este procedimiento se realizó según la norma MTC e 205- 2016 establecido en la norma ASTM C – 128 y AASHTO t – 84.

Materiales y equipos. Se utilizó el picnómetro, balanza calibrada, una compresora de succión de aire, y mucilago de cactus San Pedro.

Procedimiento. Se inició pesando del picnómetro con agua, luego se quitó el aire con la compresora de succión de aire, una vez extraída el aire se volvió a pesar, se realizó el mismo procedimiento con el mucilago, con los resultados obtenidos se determinó la densidad del mucilago. Ver tabla 6.

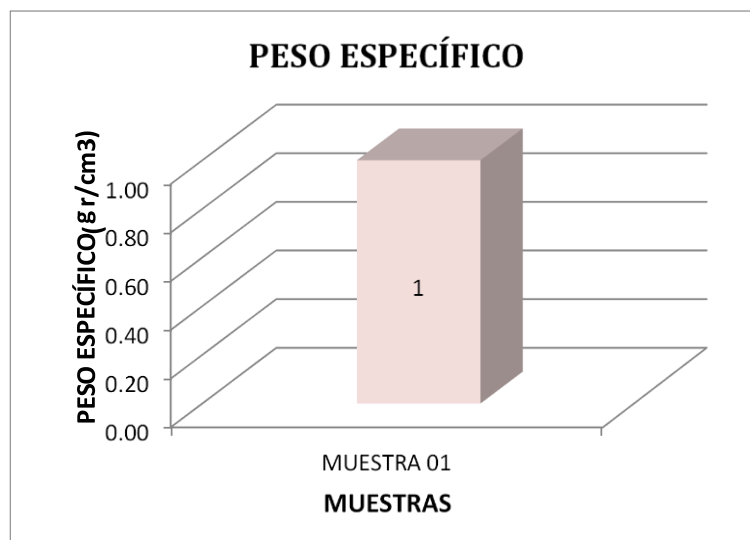
Tabla 6

Densidad del Mucilago

| Información del Ensayo | Muestra 01 |
|---|------------|
| N° de Picnómetro | 1 |
| V del Picnómetro (ml) | 500 |
| W del Picnómetro (gr) | 454.87 |
| W del Picnómetro + Muestra (gr) | 670.97 |
| T del Agua (°C) | 15.0 |
| W del Picnómetro + Agua (gr) | 668.97 |
| W del Agua (gr) | 214.10 |
| W de la Muestra (gr) | 216.10 |
| Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³) | 1.009 |
| Factor de corrección por Temperatura | 1.0014995 |
| Peso Específico (gr/cm ³) | 1.011 |

Fuente: Creación propia

Figura 17 Diagrama del peso específico de mucilago



Fente: Creación propia

Figura 18. Pesado de picnómetro más mucilago

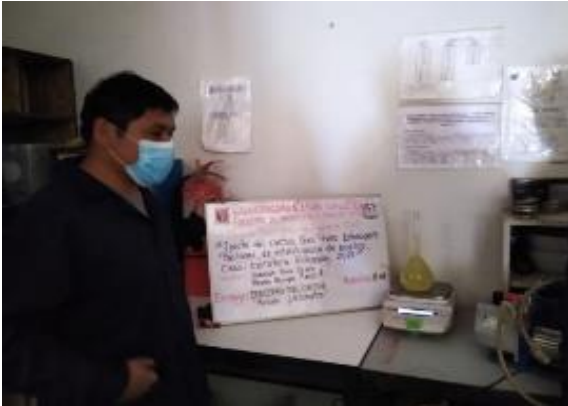


Figura 19. Eliminación de aire con la compresora de succión



Fuente: Creación propia

Viscosidad: El ensayo de la viscosidad se aplicó en una solución líquida del mucilago del cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi, este ensayo se realizó por el método del Viscosímetro obteniendo un resultado de 530.83 mm²/s.

PH: Se realizó el ensayo del PH a partir de una solución líquida del mucilago del cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi, este ensayo se realizó por el método del potenciométrica obteniendo un resultado de 4.14 U.pH.

Cloruros: Se realizó el ensayo del cloruro (CL) a partir de una solución líquida del mucilago del cactus San Pedro Echinopsis pachanoi, este ensayo se realizó por el método del Volumétrico obteniendo un resultado de 817.25 mg/L.

Sulfatos: Se realizó el ensayo de sulfatos a partir de una solución líquida del mucilago del cactus San Pedro Echinopsis pachanoi, este ensayo se realizó por el método del Espectrometría Uv- Visible obteniendo un resultado de 186.04 mg/L.

Sales solubles: Se realizó el ensayo de sales solubles a partir de una solución líquida del mucilago del cactus san pedro Echinopsis pachanoi, este ensayo se realizó por el método del Gravimétrico obteniendo un resultado de 6725 mg/L.

Conductividad eléctrica: Se realizó el ensayo de la conductividad eléctrica 25c° a partir de una solución líquida del mucilago del cactus San Pedro Echinopsis pachanoi, este ensayo se realizó por el método del Electrométrico obteniendo un resultado de 4825 Us/cm.

Etapa 03: Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

Los trabajos de ensayos en laboratorio están realizados bajo la guía de expertos y establecido en el Manual del MTC 2016.

Ensayos de laboratorio del suelo.

De acuerdo a la fórmula de la población se determinó un total de 02 calicatas en la carretera Huilcarpay, ver figura 12,13 siendo estas analizadas en laboratorio de suelos, se estudiará su granulometría, límites de plasticidad, máxima densidad seca y CBR para su correspondiente clasificación según la norma SUCS y AASTHO.

Calicata 01

Contenido de humedad natural. Es vital determinar el porcentaje de agua natural del suelo para esto se realizará ensayos en laboratorio de suelos según la norma ASTM D-2216 Y MTC E-108, bajo la supervisión de un especialista en geotecnia, para esto se emplearon 3 especímenes en capsulas debidamente numeradas y pesadas, las cuales se secaron en el horno por un lapso de 24 hrs, luego de este proceso se volvieron a pesar los especímenes y se registraron los datos en un formato estandarizado de ensayos de laboratorio, obteniendo de esta forma una humedad natural de 31.70% Ver figura 20.

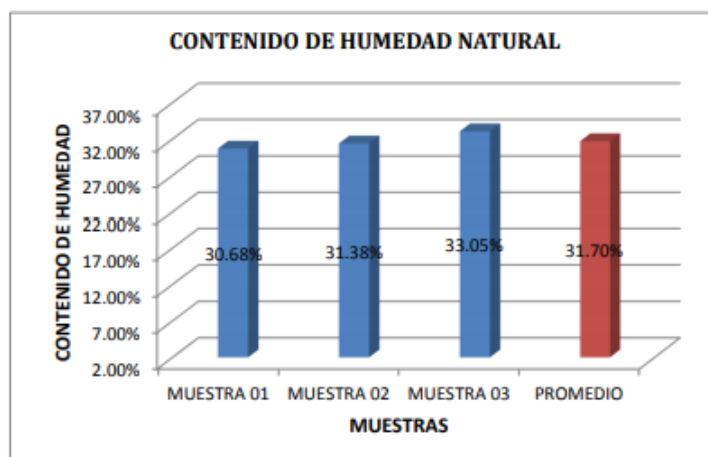
Tabla 7

Contenido de Humedad Natural

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| W de Capsula (gr) | 15.55 | 15.40 | 15.12 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 76.12 | 78.20 | 74.70 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 61.90 | 63.20 | 59.90 |
| W del Agua (gr) | 14.22 | 15.00 | 14.80 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 46.35 | 47.80 | 44.78 |
| Contenido de Humedad | 30.68% | 31.38% | 33.05% |

Fuente: Creación propia

Figura 20. *Contenido de Humedad Natural*



Fuente: Creación propia

De la figura 20 se obtuvo el contenido de humedad natural promedio que es de 31.70%.

Análisis granulométrico de suelos. Con esta prueba se busca la distribución cuantitativa de los tamaños de partículas del suelo, se basó en las normas: ASTM D-422, AASHTO T-88 y MTC E-107 luego se tomó una muestra de 708.25 g para luego ser lavado y secado, luego se pesa en una balanza calibrada, quedando como resultado 3.96 g para luego ser tamizados en las siguientes mallas de: 4", 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200 y por último el (fondo) resultando de estos tamizados la siguientes proporciones en peso, que nos ayudara a graficar la curva granulométrica ver tabla.8.

Tabla 8

Ensayo de Granulometría

| MALLA | DIÁMETRO DE LA MALLA (mm) | PESO DEL RETENIDO EN LA MALLA (gr) | PORCENTAJE (%) RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE (%) RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE(%) RETENIDO CORREGIDO | PORCENTAJE (%) RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE(%) QUE PASA |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 4" | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3" | 75 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2" | 50 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1½" | 37.5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1" | 25 | - | - | - | - | - | - | - |
| ¾" | 19 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| N° 4 | 4.75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| N° 10 | 2 | 0.54 | 13.64% | 0.25% | 13.88% | 0.08% | 0.08% | 99.92% |
| N° 20 | 0.850 | 0.79 | 19.95% | 0.36% | 20.31% | 0.11% | 0.19% | 99.81% |
| N° 40 | 0.425 | 0.44 | 11.11% | 0.20% | 11.31% | 0.06% | 0.25% | 99.75% |
| N° 60 | 0.250 | 0.33 | 8.33% | 0.15% | 8.48% | 0.05% | 0.30% | 99.70% |
| N° 140 | 0.106 | 1.05 | 26.52% | 0.48% | 26.99% | 0.15% | 0.45% | 99.55% |
| N° 200 | 0.075 | 0.65 | 16.41% | 0.30% | 16.71% | 0.09% | 0.55% | 99.45% |
| Cazuela | - | 0.09 | 2.27% | 0.04% | 2.31% | 0.01% | 0.56% | - |
| Lavado | - | 704.29 | - | - | - | 99.44% | 100.00% | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 3.89 | 98.23% | 1.77% | 100.00% | 0.56% | | |
| Total | | 708.18 | %Error = 1.77% Ok! | | | 100.00% | | |

Fente: Creación propia

Figura 21. Muestras Resultantes del Proceso de Tamizado



Fuente: Creación propia

Proporción de grava, arena y finos del suelo tamizado

proporción de Grava, Arena y Finos del suelo

% de grava (Retiene Malla N° 4) = 0.00%

% de arena (Pasa N° 4 y Retenido N° 200) = 0.55%

% de finos (Pasa malla N° 200) = 99.45%

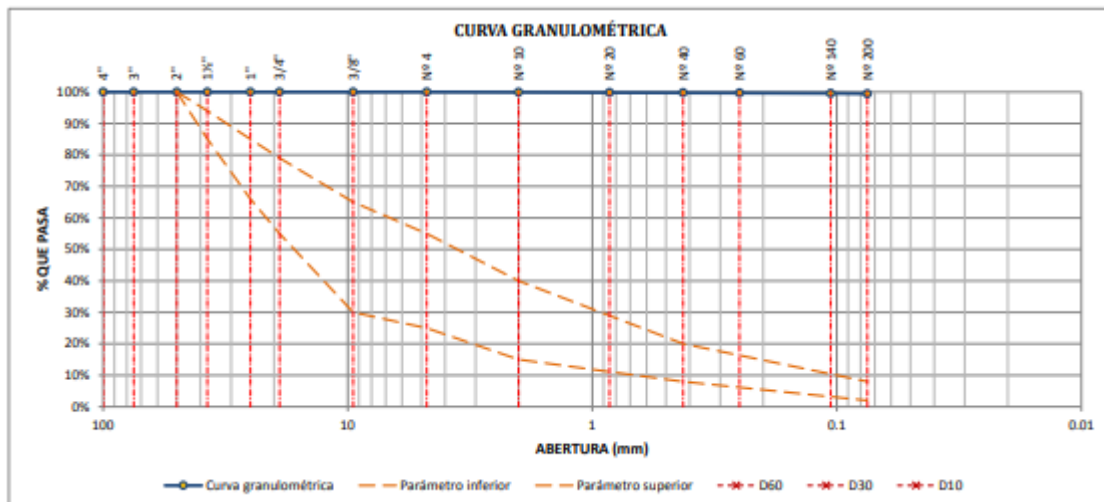
Total: 100.00%

Proporción Gruesa

% de grava = 0.00%

% de arena = 100.00% Total = 100.00%

Figura 22. Curva Granulométrica



Fuente: Creación propia

Límites de plasticidad

Limite líquido(LL). Este ensayo se realizó cumpliendo con las normas establecidas nacional e internacional que está regida por las normas establecidas MTC E-110, ASTM D-4318, AASHTO T-89 en la materia del (LL). Se aplicó el método de la cuchara de casa grande, lo primero que se hizo fue secar la muestra, luego se tamizo con la malla N° 40 para obtener un suelo fino, después se agrega agua en cantidades necesarias hasta obtener un masa plástica o pastosa para luego colocarlo sobre la cuchara de casa grande y enrasarlo, enseguida se hace un corte con el ranurador separando la muestra en dos mitades creando un surco separador con una distancia de 1/2" se realiza un número determinado de golpes hasta que cierre el surco. Se realizó cuatro repeticiones con diferentes golpes tal como se muestra en la figura 25, de estos cuatro ensayos se tomó muestras en recipientes codificadas para luego llevarlos al horno por 24 horas, luego de este tiempo la muestra seca se pesa y se obtuvo los siguientes resultados ver tabla 9.

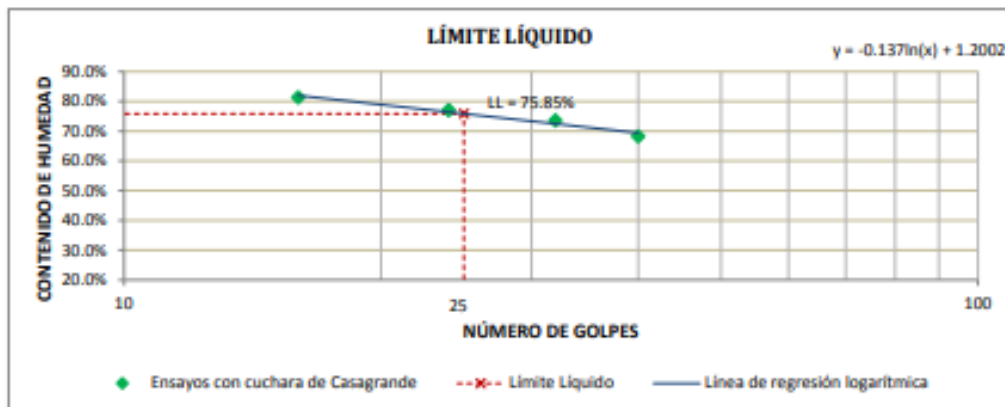
Tabla 9

Ensayo limite liquido LL

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Golpes | 40 | 32 | 24 | 16 |
| W de Capsula (gr) | 6.46 | 7.99 | 8.03 | 9.30 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 31.82 | 25.31 | 27.42 | 29.41 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 21.53 | 17.97 | 18.98 | 20.39 |
| W del Agua (gr) | 10.29 | 7.34 | 8.44 | 9.02 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 15.07 | 9.98 | 10.95 | 11.09 |
| Contenido de Humedad | 68.28% | 73.55% | 77.08% | 81.33% |

Fuente: Creación propia

Figura 23. Ensayo Limite Líquido(LL)



Fuente: Creación propia

Figura 24. Instrumentos utilizados para el LL.



Figura 25. Proceso del LL con la Cuchara de Casagrande.



Fuente: Creación propia

Limite plástico(LP). En el ensayo del límite plástico se utiliza una fracción del mismo suelo del límite líquido, cuando este se encuentra con su porcentaje de humedad mínimo, con la cual se forma barritas de forma cilíndrica de suelo de unos 3,2 mm de diámetro, rotando dicho muestra sobre un espacio liso comúnmente de vidrio sin que estos rollitos se fracturen ver figura 27, estos rollitos se colocan en 4 capsulas codificadas, se pesan y luego se llevan al horno para su secado por un lapso de 24 horas, pasado este tiempo se retira del horno y se vuelven a pesar. Con los datos obtenidos se determinó el límite plástico obteniendo un valor de LP = 39.80% ver figura 26.

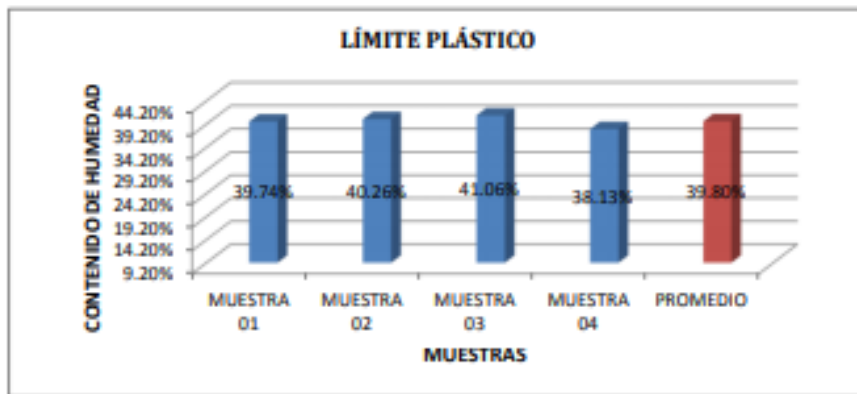
Tabla 10

Análisis de Limite Plástico

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| W de Capsula (gr) | 11.62 | 8.12 | 9.47 | 9.09 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 17.00 | 13.52 | 15.86 | 15.14 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 15.47 | 11.97 | 14.00 | 13.47 |
| W del Agua (gr) | 1.53 | 1.55 | 1.86 | 1.67 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 3.85 | 3.85 | 4.53 | 4.38 |
| de Humedad Contenido | 39.74% | 40.26% | 41.06% | 38.13% |

Fuente: Creación propia

Figura 26. *limite Plástico*



Fuente: Creación propia

Figura 27. *Proceso del Ensayo de Limite Plástico*



Fuente: Creación propia

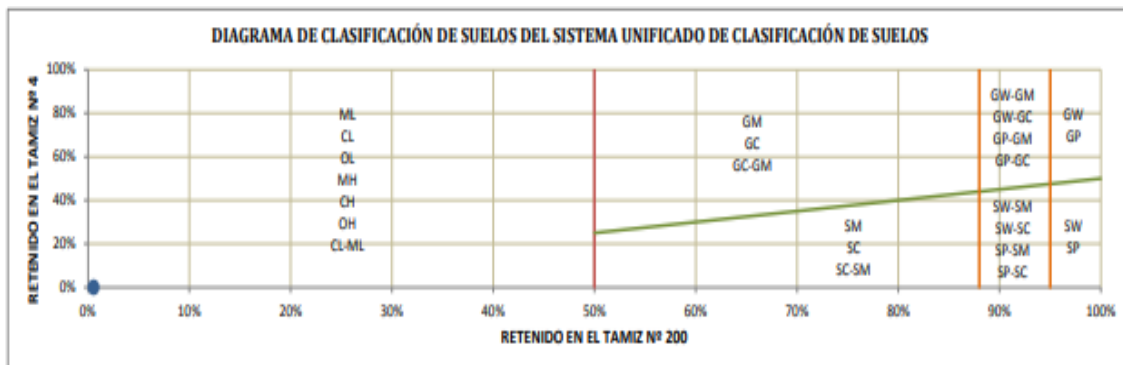
Tabla 11

Datos para Clasificación

| Datos para Clasificación | |
|---------------------------------|------------|
| De Granulometría | |
| Porcentaje (%) Gruesos = | 0.55% |
| Porcentaje (%) Finos = | 99.45% |
| Total = | 100% |
| Porcentaje (%) Grava = | 0.00% |
| Porcentaje (%) Arena = | 0.55% |
| Total = | 0.55% |
| Fracción Gruesa | |
| Porcentaje (%) Grava = | 0.00% |
| Porcentaje (%) Arena = | 100% |
| Total = | 100% |
| Coeficientes | |
| Cu = | - |
| Cc = | - |
| Límites de Plasticidad | |
| (LL) = | 75.85% |
| (LP) = | 39.80% |
| (IP) = | 36.05% |
| Otros Datos | |
| Tipo = | Inorgánico |

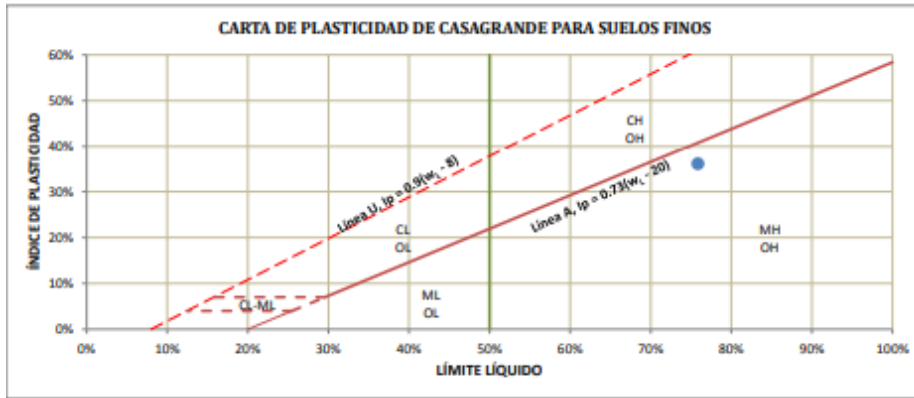
Fuente: Creación propia

Figura 28. Esquema de Clasificación del Suelo



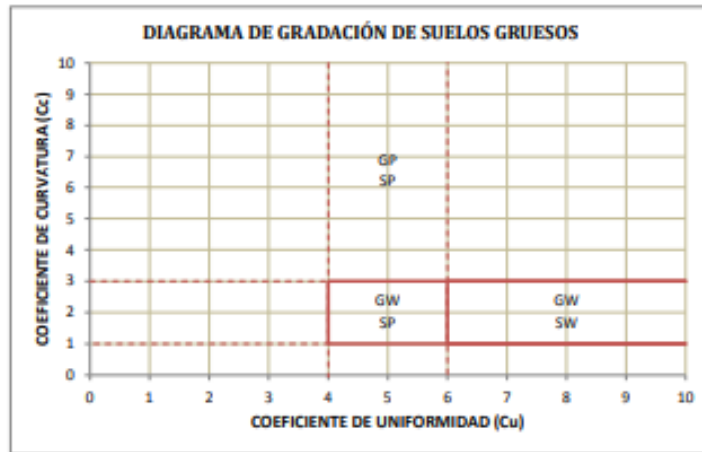
Fuente: Creación propia

Figura 29. Carta de Plasticidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Esquema de Gradación de Suelos Gruesos



Fuente: Creación propia

Se clasifica el suelo de la calicata 01segun SUCS como **MH: limo elástico**

Clasificación del suelo según AASHTO M-145

Tabla 12

Resultados para la Clasificación

en esta tabla se aprecia los datos para la clasificación del suelo en la cual se observa los resultados del tamizado en los diferentes N° de mallas y sus límites de plasticidad obteniendo: LL- 75.85%, LP - 39.80% y IP - 36.05%.

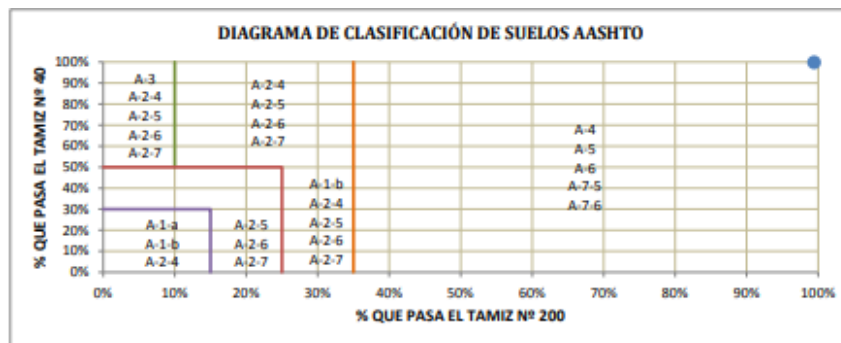
malla N° 10, porcentaje que pasa 99.92%

malla N° 40, porcentaje que pasa 99.75%

malla N° 200, porcentaje que pasa 99.45%

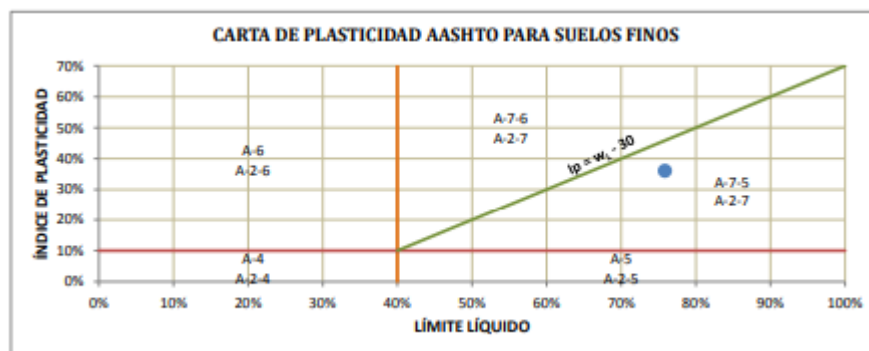
(Ver Anexo 3 Tabla 12)

Figura 31. Diagrama de Clasificación de Suelos



Fuente: Creación propia

Figura 32. Carta de Plasticidad para Suelos Finos



Fuente: Creación propia

Tabla 13

Calculo de Índice de Grupo

En la siguiente tabla se aprecia el cálculo del índice de grupo según la siguiente formula $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01b$, obteniendo un $IG = 20$ (Ver Anexo 3 Tabla N°13)

Se clasifica el suelo de la calicata 01 según AASHTO

A-7-5 (20) = Las arcillas y limos más plásticos

Calicata 02

Contenido de agua natural. Se debe determinar el contenido de agua natural del suelo, para esto se realizará ensayos en laboratorio de suelos según la norma ASTM D-2216 Y MTC E-108, bajo la supervisión de un especialista en geotecnia para esto fueron seleccionadas 3 muestras del material en capsulas las cuales fueron debidamente pesadas y se les asigno un código, estas fueron secadas en el horno por un lapso de 24 hrs, luego de este proceso se volvieron a pesar los especímenes y se registraron los datos en un formato estandarizado de ensayos de laboratorio, obteniendo de esta forma una humedad natural de 11.42%, ver figura 33.

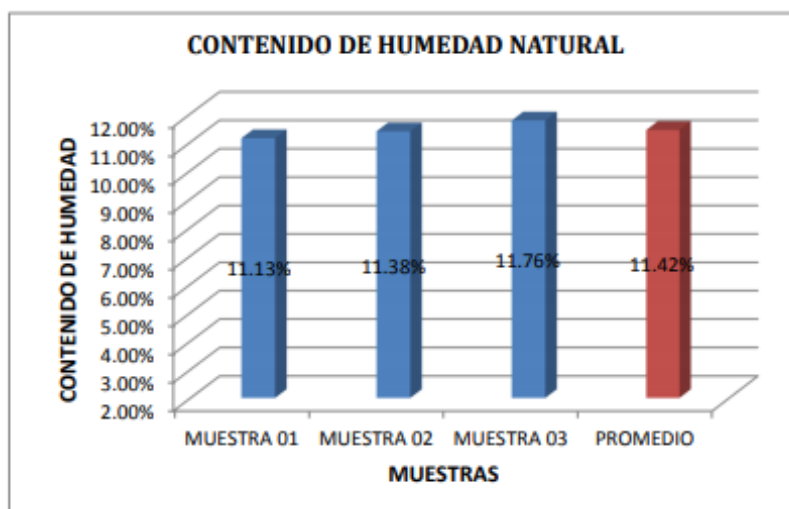
Tabla 14

Humedad Natural

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| W de Capsula (gr) | 15.67 | 15.90 | 14.50 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 72.27 | 72.59 | 71.44 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 66.60 | 66.80 | 65.45 |
| W del Agua (gr) | 5.67 | 5.79 | 5.99 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 50.93 | 50.90 | 50.95 |
| Contenido de Humedad | 11.13% | 11.38% | 11.76% |

Fuente: Creación propia

Figura 33. *Contenido de humedad natural*



Fuente: Creación propia

De la figura 33 se obtuvo el contenido de humedad natural promedio que es de 11.42%.

Límites de consistencia. El suelo de la calicata 02 no presenta límites de plasticidad o límites de consistencia.

Análisis granulométrico del suelo. El objetivo de esta prueba es identificar la distribución cuantitativa de los tamaños de partículas del suelo, se basó en las normas: ASTM D-422, AASHTO T-88 y MTC E-107 luego se tomó una muestra de 988.32 gr para luego ser lavado y secado, seguidamente se pesa en una balanza calibrada, quedando como resultado 519.15 g para luego ser tamizados en los siguientes mallas de: 4", 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200 y por último el (fondo) resultando de estos tamizados las siguientes proporciones en peso, que nos ayudara a graficar la curva granulométrica como es evidenciado en la tabla 15.

Figura 34. Muestras resultantes del proceso de tamizado



Fuente: Creación propia

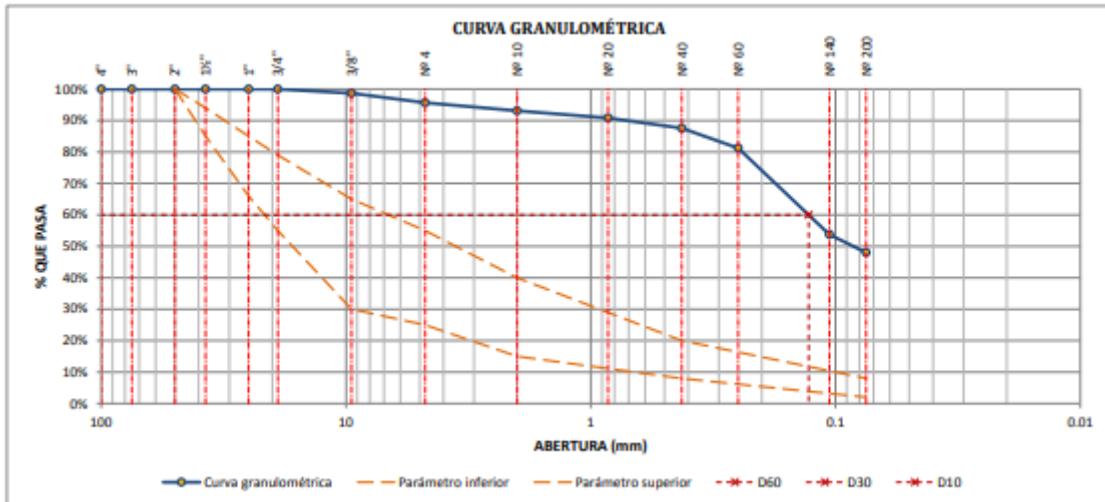
Tabla 15

Resultado de análisis de granulometría

| MALLA | DIAMETRO DE MALLA (MM) | PESO RETENIDO EN LA MALLA (GR) | PORCENTAJE (%) RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE (%) RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE (%) RETENIDO CORREGIDO | PORCENTAJE (%) RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE (%) QUE PASA |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 4" | 100 | | | | | | | |
| 3" | 75 | | | | | | | |
| 2" | 50 | | | | | | | |
| 1½" | 37.5 | | | | | | | |
| 1" | 25 | | | | | | | |
| ¾" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 13.15 | 2.53% | 0.00% | 2.54% | 1.33% | 1.33% | 98.67% |
| Nº 4 | 4.75 | 29.76 | 5.73% | 0.00% | 5.74% | 3.01% | 4.35% | 95.65% |
| Nº 10 | 2 | 25.42 | 4.90% | 0.00% | 4.90% | 2.57% | 6.92% | 93.08% |
| Nº 20 | 0.850 | 22.13 | 4.26% | 0.00% | 4.27% | 2.24% | 9.16% | 90.84% |
| Nº 40 | 0.425 | 32.30 | 6.22% | 0.01% | 6.23% | 3.27% | 12.43% | 87.57% |
| Nº 60 | 0.250 | 62.54 | 12.05% | 0.01% | 12.06% | 6.33% | 18.76% | 81.24% |
| Nº 140 | 0.106 | 271.20 | 52.24% | 0.04% | 52.28% | 27.46% | 46.23% | 53.77% |
| Nº 200 | 0.075 | 56.88 | 10.96% | 0.01% | 10.97% | 5.76% | 51.99% | 48.01% |
| Cazuela | - | 5.33 | 1.03% | 0.00% | 1.03% | 0.54% | 52.53% | - |
| Lavado | - | 469.17 | - | - | - | 47.47% | 100.00% | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 518.71 | 99.92% | 0.08% | 100.00% | 52.53% | | |
| Total | | 987.88 | %Error = 0.08% Ok! | | - | 100.00% | | |

Fuente: Creación propia

Figura 35. Curva granulométrica



Fuente: Creación propia

Tabla

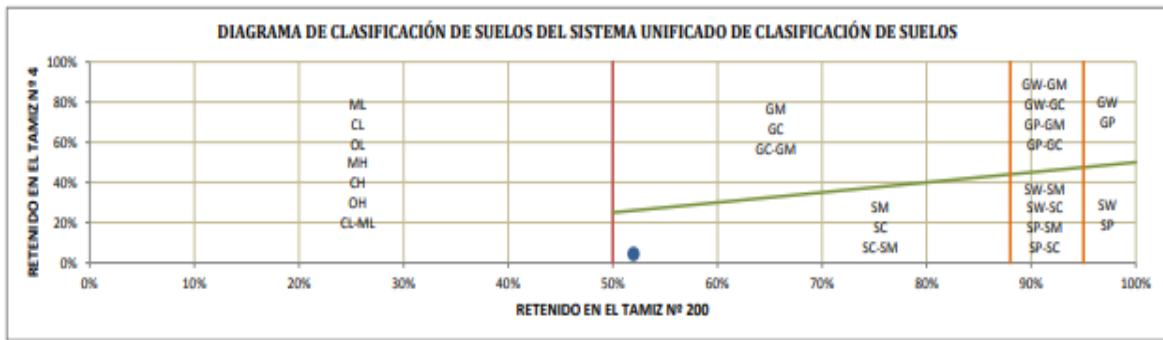
16

Datos para clasificación

| Datos para Clasificación | |
|---------------------------------|------------|
| De Granulometría | |
| Porcentaje(%) de Gruesos = | 51.99% |
| Porcentaje(%) de Finos = | 48.01% |
| Total = | 100% |
| Porcentaje(%) de Grava = | 4.35% |
| Porcentaje(%) de Arena = | 47.64% |
| Total = | 51.99% |
| Fracción Gruesa | |
| Porcentaje(%) de Grava = | 8.36% |
| Porcentaje(%) de Arena = | 91.64% |
| Total = | 100% |
| Coeficientes | |
| Cu = | - |
| Cc = | - |
| Límites de Plasticidad | |
| LL = | NP. |
| LP = | NP. |
| IP = | NP. |
| Otros Datos | |
| Tipo = | Inorgánico |

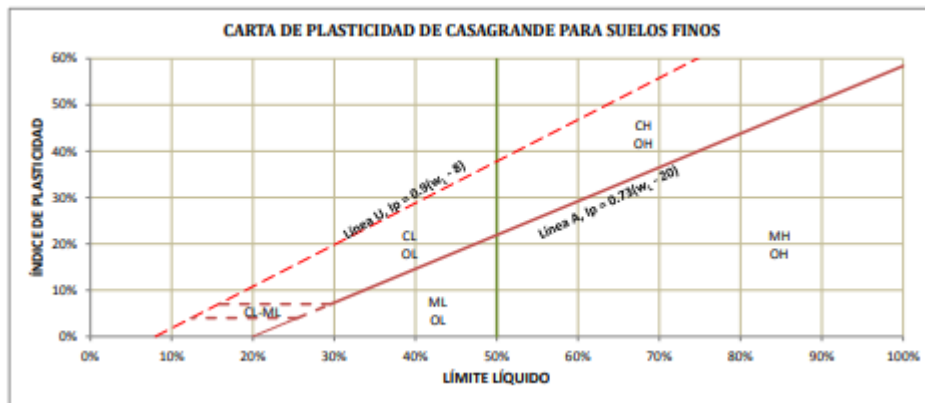
Fuente: Creación propia

Figura 36. clasificación de suelos



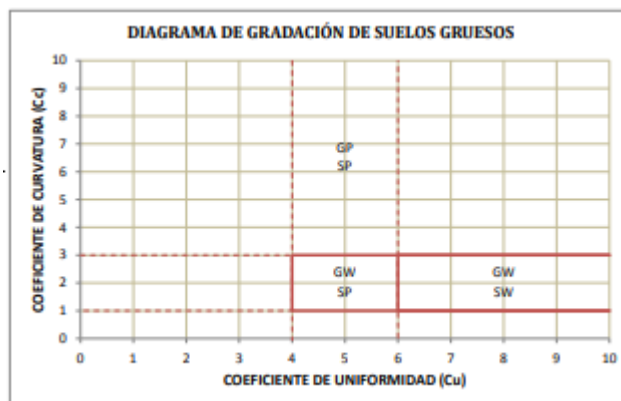
Fuente: Creación propia

Figura 37. Carta de plasticidad



Fuente: Creación propia

Figura 38. Diagrama de gradación de suelos gruesos



Fuente: Creación propia

Se clasifica el suelo de la calicata 02 según SUCS **SM = Arena limosa**

Clasificación de suelos AASHTO M-145

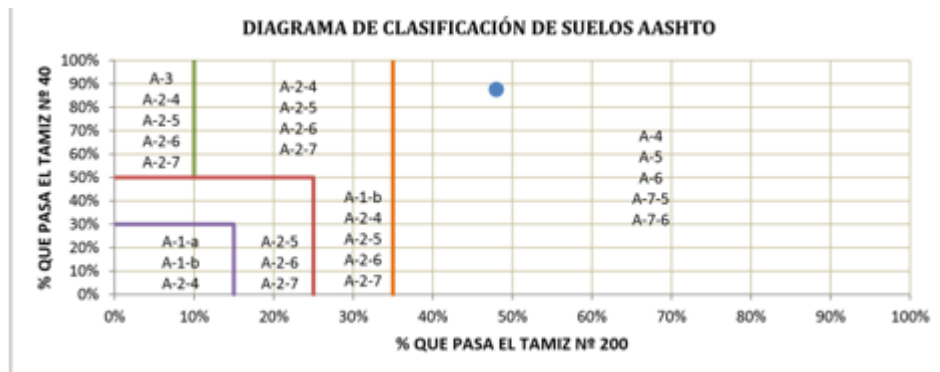
Tabla 17

Datos para la clasificación

| Datos para Clasificación | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------|
| Granulometría | Límites de Plasticidad | Otros Datos |
| % que pasa la malla N° 10 = 93.08% | LL = NP | Tipo Inorgánico = |
| % que pasa la malla N° 40 = 87.57% | LP = NP | |
| % que pasa la malla N° 200 = 48.01% | IP = NP | |

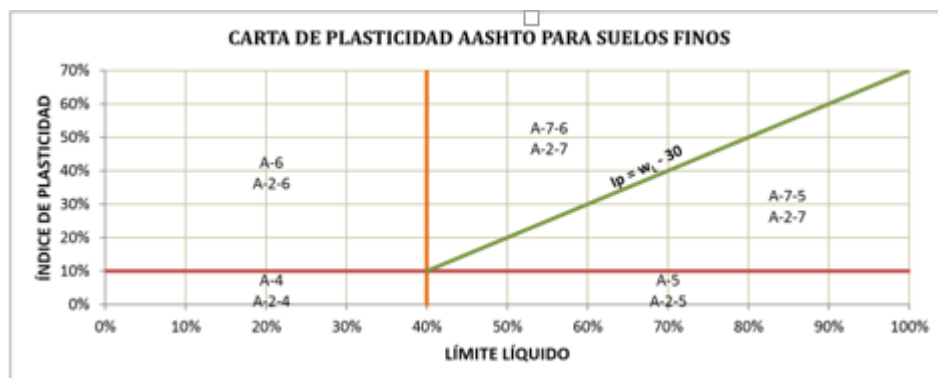
Fuente: Creación propia

Figura 39. Clasificación de suelos



Fuente: Creación propia

Figura 40. Carta de plasticidad



Fuente: Creación propia

Tabla 18

Calculo de Índice de Grupo

En la siguiente tabla se aprecia el cálculo de índice de grupo según la siguiente fórmula $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01b$, obteniendo un $IG = 3$ (Ver Anexo 3 Tabla N°18)

Se clasifica el suelo de la calicata 02 según AASHTO

A-4 (3) = principalmente partículas finas limosas

De acuerdo a los resultados obtenidos de ambas calicatas, se obtuvieron los siguientes valores ver figura 19, se determinó seguir la investigación con la calicata que presenta mayor presencia de suelos finos, en este caso se trabajó con la calicata 01 por clasificarse, como **MH limos elástico según SUCS y según AASHTO A - 7- 5 (20) las arcillas y limos más plásticos.**

Tabla 19

Clasificación de las Calicatas 01, 02

| Muestra | Calicata 01 | Calicata 02 |
|----------------------------|---|---|
| Contenido de humedad | 31.70% | 11.42% |
| Límite líquido(LL) | 75.85% | NP |
| Límite plástico(LP) | 39.80% | NP |
| Índice de plasticidad(IP) | 36.05% | NP |
| Clasificación según SUCS | MH | SM |
| Clasificación según AASHTO | A - 7 - 5 las arcillas limos más plástico | A - 4 principalmente partículas finas limosas |
| Índice de grupo | 20 | 3 |

Fuente: Creación propia

Una vez determinada el tipo de suelo, se continuará los siguientes ensayos, adicionando la variable independiente que es el mucilago de cactus san pedro en los diferentes porcentajes, ver tabla 20. Y conocer los efectos que causan en la propiedad físicas y mecánicas del suelo.

Tabla 20*Dosificación de Mucilago con Respecto a 1 ltr*

| Diseño de porcentajes al 0%,30%,60% y 90%, en función a un 1ltr | | |
|---|--------------|----------|
| Nombre | Mucilago (%) | Agua (%) |
| M - 1 | 0% | 100% |
| M - 2 | 30% | 70% |
| M - 3 | 60% | 40% |
| M - 4 | 90% | 10% |

Fuente: Creación propia**Ensayo de compactación de Proctor modificado (M - 1) al 0% de mucilago**

Según lo establecido en la norma nacional: MTC E-115 y normas internacionales ASTM D- 1557, AASHTO T-180 se aplicó la prueba de Proctor modificado. Para el cual existen 3 métodos de compactación A, B y C el cual tiene que cumplir estas condiciones. Ver tabla 21.

Tabla 21*Métodos del Proctor Modificado*

En esta tabla se puede apreciar los tres métodos alternativos para el ensayo proctor modificado según el material a ser usado.

(Ver Anexo 3 tabla 21)

Los ensayos de granulometría aplicados dieron como resultado datos del tamizado que, al pesarlos, el suelo retenido en la malla n°4 fue: 0.00% respectivamente, de este resultado según la tabla 21 al desglosar la información arrojada por este estudio se evidencia que el material pasa por la malla N° 4 que es menor al 20% es por eso que elegimos el método "A". Esta prueba de laboratorio comprende los procesos de compactación, con el fin de establecer la relación entre el porcentaje de humedad presente y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 mm (4 pulg) de diámetro con un pisón de 4.54 kg (10 lbf) que cae de una altura de 457.20 mm (18 pulg), produciendo una energía de compactación de (2700 kN-m/m³) (56000 pie-lbf/pie³).

A partir de 4 muestras de suelo con un peso de 2.500 kg cada uno, se agregó cantidades de agua en proporción al peso de la muestra para luego mezclar el suelo uniformemente ver figura 41, previamente se conocía el peso del molde. Luego se puso el collar y se aseguró el molde, seguidamente se colocó el suelo dentro del

molde, los especímenes fueron compactados por capas aplicando 25 golpes por capa. Luego se sacó el collarín para poder enrasar el molde con la regleta metálica, y se pesó el espécimen, después se removió el espécimen del molde para sacar una muestra en una capsula codificada para secarlo en el horno por 24 horas e identificar el porcentaje de agua. Se volvió a repetir este proceso para las cuatro muestras de suelo compactados, con los distintos contenidos de agua. Finalmente se procesó los datos obtenidos, para determinar la curva grafica de compactación de donde se obtuvo el CHO y MDS, ver figura 45.

Figura 41. Mezclado de la muestra con diferentes proporciones de agua



Figura 42. Suelo dividido en 5 partes para el proceso del compactado



Fuente: Creación propia

Figura 43. Compactación de suelo en el molde proctor modificado



Figura 44. Pesado de la muestra extraída del molde proctor.



Fuente: Creación propia

Tabla 22

compactación de Suelos en Laboratorio, Utilizando Energía Modificada

En la tabla contempla los datos iniciales para realizar el ensayo de proctor modificado con el objetivo de obtener la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, se realizaron tres muestras, del suelo de la calicata 1 con 0% de mucilago de cactus san pedro, obteniendo los siguientes resultados:

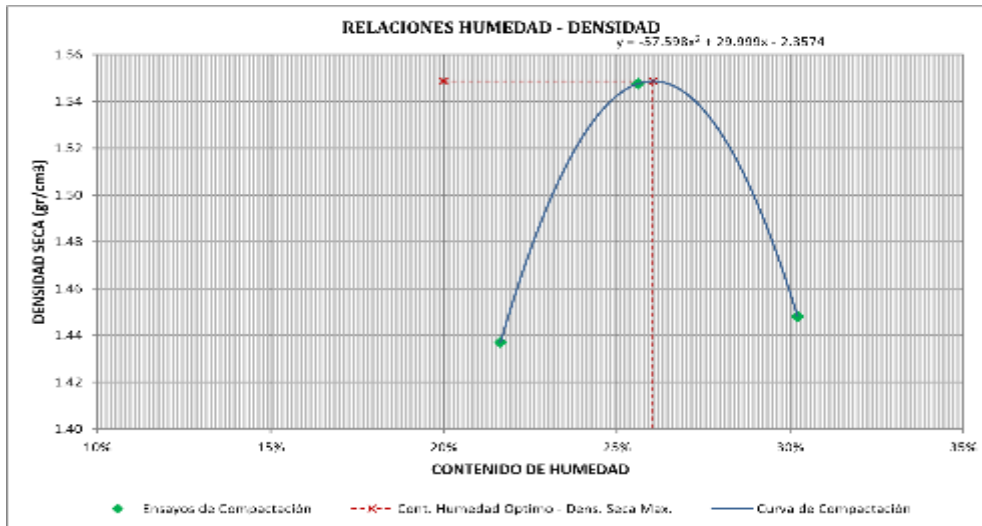
M - 01 densidad seca 1.55 gr/cm³ y contenido de agua 25.61%

M - 02 densidad seca 1.45 gr/cm³ y contenido de agua 30.22%

M - 03 densidad seca 1.44 gr/cm³ y contenido de agua 21.64%

(Ver Anexo 3 tabla 22)

Figura 45. Compactación de Suelo Proctor Modificado



Fuente: Creación propia

máxima Densidad seca = 1.55 gr/cm³

Óptimo Contenido de humedad = 26.04%

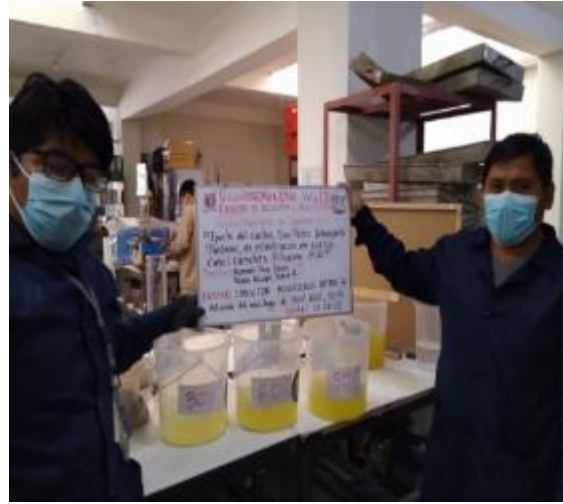
Ensayo CBR (Relación de Soporte de California) (M - 1) al 0% de mucilago

Con este ensayo se determinará el valor del CBR mediante el cálculo el índice de resistencia de los suelos. Este ensayo se basará a las normas: MTC E-132, ASTM D-1883 Y AASHTO T-193, en laboratorio de suelos. Primeramente se determinó el porcentaje óptimo de humedad del material, empleando el ensayo de compactación donde se obtuvo 26.04% de COH, al expresar este valor en gramos fue equivalente a 1.328 gr de agua por cada muestra de 5100 gr de suelo, mediante estos resultados se procedió al ensayo del CBR en moldes de (6" 0 15.24 cm) y se creó un diseño experimental a partir de los compuestos, definidas del aditivo natural de mucilago de cactus san pedro en proporciones de 0%, 30% , 60% y 90%", resultando 4 diseños diferentes, de 3 muestras en cada dosificación aplicando energías de compactación para: 55, 26 y 12 golpes, obteniendo un total de 12 muestras.

Figura 46. Dosificación del Mucilago - Agua en Porcentajes



Figura 47. Muestras Dosificadas al 30%, 60% y 90% de Mucilago

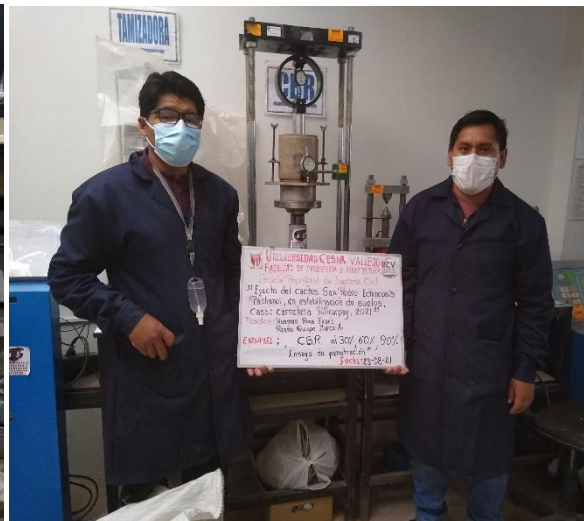


Fuente: Creación propia

Figura 48. Inmersión de los especímenes por un periodo de 96 hr



Figura 49. Ensayo de penetración prensa CBR



Fuente: Creación propia

Tabla 23

Datos Preliminares

En la tabla se aprecia los datos preliminares del ensayo de compactación, datos obtenidos en el proctor modificado, MDS, 1.55gr/cm³; CHO, 26.04%; y su contenido de agua, 31.70%. Datos de la energía de compactación, datos de molde y datos del equipo de penetración. (Ver anexo 3 tabla 23)

Tabla 24

Resultados de Ensayo de Compactación e Inmersión por 96 Horas Muestra (M-1)

| Muestra | Prueba de Compactación | | | | | |
|--|------------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| | M - 01 | | M - 02 | | M - 03 | |
| N° de Golpes por Capa | 55 | Saturada | 26 | Saturada | 12 | Saturada |
| Condición de la Muestra | CHO | | CHO | | CHO | |
| Ubicación del Contenido de agua | Medio | Arriba | Medio | Arriba | Medio | Arriba |
| W de Capsula (gr) | 19.45 | 19.34 | 15.54 | 16.56 | 19.13 | 19.35 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.06 | 85.48 | 66.09 | 99.52 | 66.34 | 87.86 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 59.22 | 68.43 | 54.94 | 77.00 | 56.24 | 68.62 |
| W del Agua (gr) | 9.84 | 17.05 | 11.15 | 22.52 | 10.10 | 19.24 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 39.77 | 49.09 | 39.40 | 60.44 | 37.11 | 49.27 |
| Contenido de Humedad | 24.74% | 34.73% | 28.30% | 37.26% | 27.22% | 39.05% |
| % de Absorción | - | 9.99% | - | 8.96% | - | 11.83% |
| W del Molde (gr) | 7871 | 12015 | 7311 | 11530 | 7208 | 11200 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 11890 | | 11135 | | 10720 | |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 4019 | 4144 | 3824 | 4219 | 3512 | 3992 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 3221.84 | | 2980.53 | | 2760.65 | |
| W del Agua Absorbida (gr) | - | 125 | - | 395 | - | 480 |
| % de Absorción | - | 3.88% | - | 13.25% | - | 17.39% |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 1.89 | 1.66 | 1.80 | 1.62 | 1.65 | 1.49 |
| Densidad Seca (gr/cm³) | 1.52 | 1.29 | 1.40 | 1.15 | 1.30 | 1.03 |

Fuente: Creación propia

Expansión del suelo

Una vez terminado el compactado se retira el collarín y son enrazadas las muestras, se procedió a sacar las bases y sus respectivos aros espaciadores, para luego usar el molde CBR de forma inversa, luego unir la base y colocar en la parte superior el disco perforada con el vástago y los anillos de sobrecargas, seguidamente se sumergió en unas bateas con agua las 12 muestras, colocando de inmediato en la parte superior los trípodes con sus respectivos diales por un periodo de 96 hora, estas se tienen que dar lectura desde el momento inicial que el dial marca cero, Las lecturas se hicieron 1:30hr, 3:00hr, 6:00hr, 12:00hr, 24:00hr, 48:00hr y 96hr. cumplido el periodo de inmersión las muestras son retiradas de las bateas, se retira el dial y las sobrecargas, para luego pesarlos y conocer el agua absorbida.

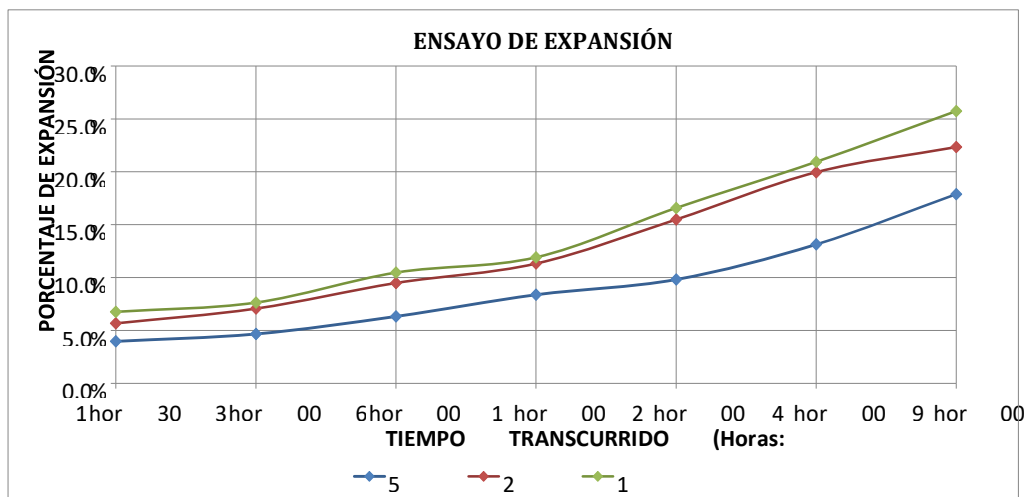
Tabla 25

Ensayo de Expansión

| Ensayo de Expansión | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|---------|--------|--------|---------------|---------|-------|--------|---------------|---------|-------|--------|---------------|
| Muestra | | M - 01 | | | | M - 02 | | | | M - 03 | | | |
| Lapso Transcurrido | | Dial | Defor. | % de | Dial | Defor. | % de | Dial | Defor. | % de | Dial | Defor. | % de |
| Días | HH:MM | *0.001" | plg | mm | Expan. | *0.001" | plg | mm | Expan. | *0.001" | plg | mm | Expan. |
| 0 | 0 hor 00 min | 0 | 0 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0 | 0.00% |
| 0.0625 | 1 hor 30 min | 182 | 0.182 | 4.623 | 3.97% | 260 | 0.26 | 6.604 | 5.67% | 310 | 0.31 | 7.874 | 6.76% |
| 0.125 | 3 hor 00 min | 214 | 0.214 | 5.436 | 4.67% | 324 | 0.324 | 8.23 | 7.07% | 350 | 0.35 | 8.89 | 7.64% |
| 0.25 | 6 hor 00 min | 290 | 0.29 | 7.366 | 6.33% | 435 | 0.435 | 11.049 | 9.49% | 480 | 0.48 | 12.192 | 10.47% |
| 0.5 | 12 hor 00 min | 384 | 0.384 | 9.754 | 8.38% | 519 | 0.519 | 13.183 | 11.32% | 546 | 0.546 | 13.868 | 11.91% |
| 1 | 24 hor 00 min | 450 | 0.45 | 11.43 | 9.82% | 710 | 0.71 | 18.034 | 15.49% | 760 | 0.76 | 19.304 | 16.58% |
| 2 | 48 hor 00 min | 602 | 0.602 | 15.291 | 13.13% | 915 | 0.915 | 23.241 | 19.96% | 960 | 0.96 | 24.384 | 20.94% |
| 4 | 96 hor 00 min | 820 | 0.82 | 20.828 | 17.89% | 1024 | 10.24 | 26.01 | 22.34% | 1180 | 1.18 | 29.972 | 25.74% |

Fuente: Creación propia

Figura 50. Ensayo de Expansión del suelo



Fuente: Creación propia

Ensayo de penetración (prensa CBR)

Las muestras se llevan a la prensa CBR para realizar la penetración en un determinado tiempo, se tomará las lecturas cuando el dial que está sujeta al base del molde marque 25", 50", 75", 100", 125", 150", 200", 300", 400" y 500" en cada uno de estos numeradores se registraron el grado de penetración, al culminar este proceso se retiró la muestra de la prensa CBR y se extrajeron muestra de la parte

central en capsulas codificadas y fueron pesadas para posteriormente secarlo en el horno por 24 horas.

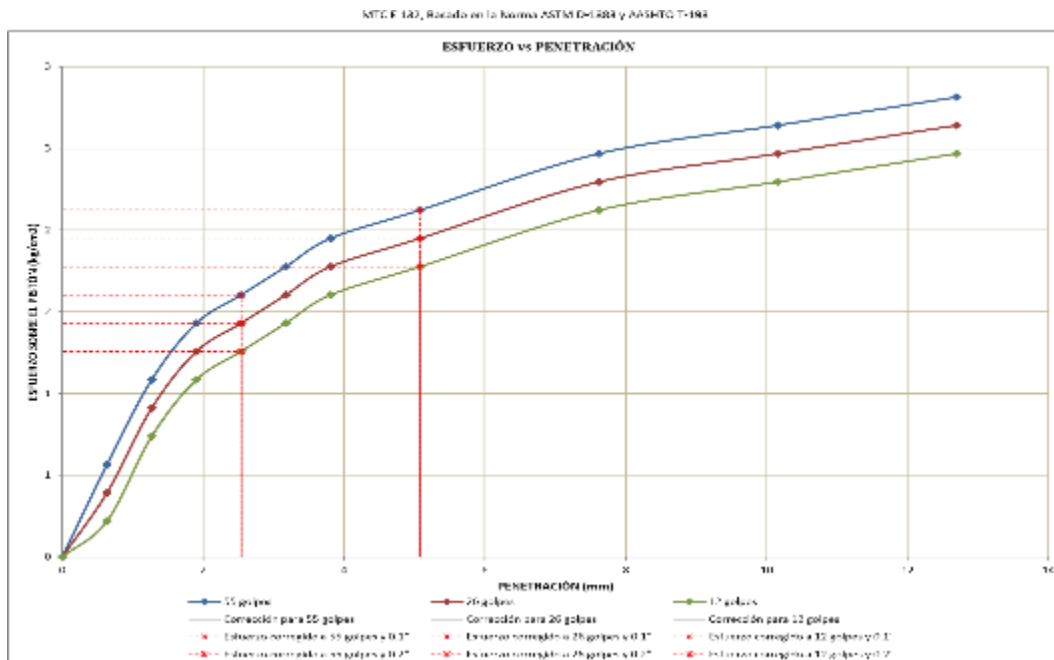
Tabla 26

Ensayo de Penetración

| PENETRACIÓN DE LA PRENSA CBR | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------|--------|-----------|----------------|-------|--------|-----------|----------------|-------|--------|-----------|----------------|-------|
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm2) | Muestra | | M - 01 | | | | M - 02 | | | | M - 03 | | | |
| | Dial *0.001" | Penetra. mm | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm2 | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm2 | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm2 | CBR % |
| | 0 | - | 0 | - | - | | 0 | - | - | | 0 | - | - | |
| | 25 | 0.635 | 4 | 10.94 | 0.57 | | 3 | 7.59 | 0.39 | | 2 | 4.24 | 0.22 | |
| | 50 | 1.270 | 7 | 20.98 | 1.08 | | 6 | 17.64 | 0.91 | | 5 | 14.29 | 0.74 | |
| | 75 | 1.905 | 9 | 27.68 | 1.43 | | 8 | 24.33 | 1.26 | | 7 | 20.98 | 1.08 | |
| 70.31 | 100 | 2.540 | 10 | 31.03 | 1.60 | 2.28% | 9 | 27.68 | 1.43 | 2.03% | 8 | 24.33 | 1.26 | 1.79% |
| | 125 | 3.175 | 11 | 34.38 | 1.78 | | 10 | 31.03 | 1.60 | | 9 | 27.68 | 1.43 | |
| 105.46 | 150 | 3.810 | 12 | 37.72 | 1.95 | 2.01% | 11 | 34.38 | 1.78 | 1.85% | 10 | 31.03 | 1.60 | 1.68% |
| | 200 | 5.080 | 13 | 41.07 | 2.12 | | 12 | 37.72 | 1.95 | | 11 | 34.38 | 1.78 | |
| | 300 | 7.620 | 15 | 47.77 | 2.47 | | 14 | 44.42 | 2.29 | | 13 | 41.07 | 2.12 | |
| | 400 | 10.160 | 16 | 51.11 | 2.64 | | 15 | 47.77 | 2.47 | | 14 | 44.42 | 2.29 | |
| | 500 | 12.700 | 17 | 54.46 | 2.81 | | 16 | 51.11 | 2.64 | | 15 | 47.77 | 2.47 | |

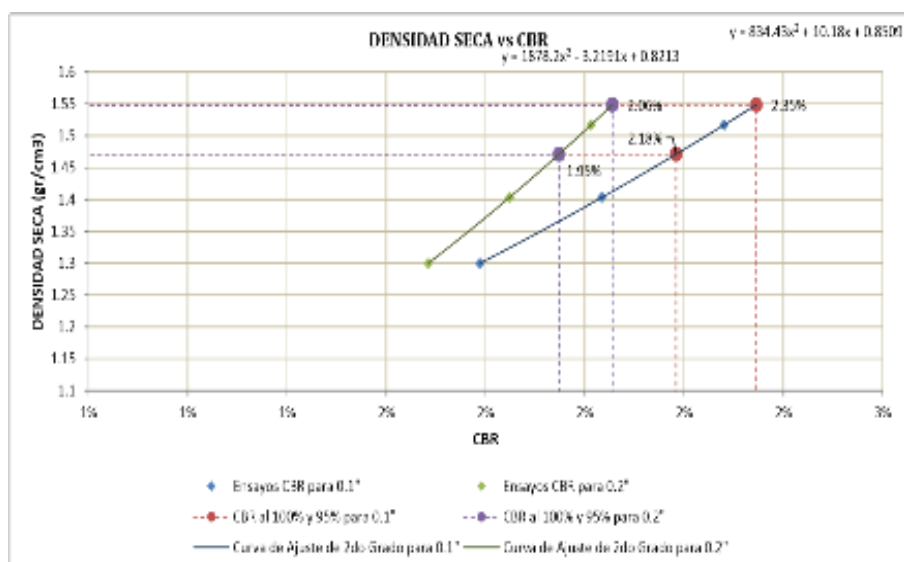
Fuente: Creación propia

Figura 51. Esfuerzo vs Penetración



Fuente: Creación propia

Figura 52. Densidad seca vs CBR



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|---------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 95 | 2.29% | 2.01% | 1.52 gr/cm³ |
| 26 | 2.03% | 1.85% | 1.40 gr/cm³ |
| 12 | 1.79% | 1.68% | 1.30 gr/cm³ |

Fuente: Creación propia

Tabla 27

Resultados CBR (M - 1) al 0% de mucilago

| | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| MDS (gr/cm3) | 1.55 | |
| 95% de la MDS (gr/cm3) | 21.47 | |
| | 0.1" | 0.2" |
| CBR al 95% de la MDS | 2.18% | 1.96% |

Fuente: Creación propia

El valor del (CBR) para subrasante de una carretera está expresado al 95% de su máxima densidad seca y a una penetración de 2.54mm (1"). Según las categorizaciones de una subrasante según el manual de carreteras MTC, el suelo obtenido de la calicata 01 (M – 1) al 0% de mucilago en la carretera Huilcarpay es calificada como **Sub rasante inadecuada**, debido a que su valor de **CBR es de 2.18%**

Etapa 04: Obtención de resultados con porcentajes de adición de 30%, 60% y 90% de mucilago de cactus San Pedro.

Ensayos del suelo con adición al 30% de mucilago de cactus San Pedro.

Límites de Consistencia

Limite líquido del suelo adicionado al 30% de mucilago de cactus San Pedro

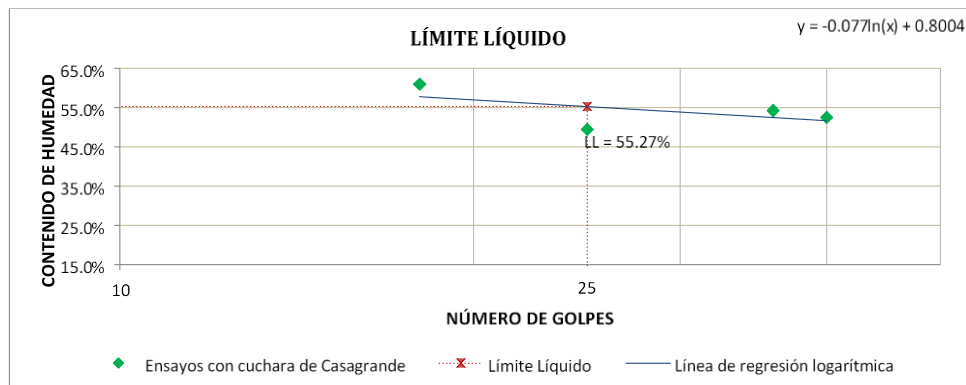
Tabla 28

Limite liquido al 30% de Mucilago de Cactus san Pedro

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M -03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Golpes | 40 | 36 | 25 | 18 |
| W de Capsula (gr) | 7.92 | 6.46 | 7.91 | 6.47 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 26.71 | 25.12 | 31.90 | 27.51 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 20.24 | 18.56 | 23.96 | 19.54 |
| W del Agua (gr) | 6.47 | 6.56 | 7.94 | 7.97 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 12.32 | 12.10 | 16.05 | 13.07 |
| Contenido de Humedad | 52.52% | 54.21% | 49.47% | 60.98% |

Fuente: Creación propia

Figura 53. Limite Liquido(LL)



Fuente: Creación propia

El ensayo del limite liquido se determino con los resultados de la tabla 28, para luego ser graficadas y obtener el limite liquido que es 55.27% ver figura 53

Limite plástico del suelo adicionado al 30% de mucilago de cactus San Pedro

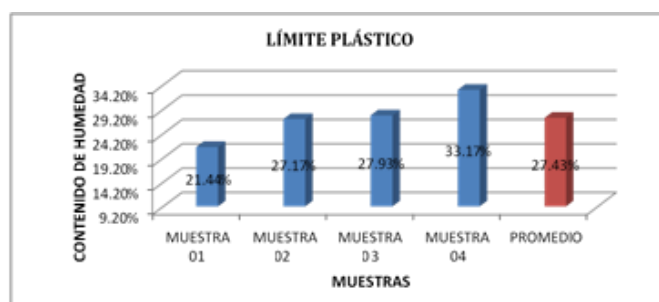
Tabla 29

Limite Plástico(LP)

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| W de Capsula (gr) | 9.24 | 9.26 | 9.23 | 8.02 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 16.15 | 18.06 | 16.88 | 16.09 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 14.93 | 16.18 | 15.21 | 14.08 |
| W del Agua (gr) | 1.22 | 1.88 | 1.67 | 2.01 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 5.69 | 6.92 | 5.98 | 6.06 |
| Contenido de Humedad | 21.44% | 27.17% | 27.93% | 33.17% |

Fuente: Creación propia

Figura 54. Limite plástico



Fuente: Creación propia

De acuerdo al ensayo del límite plástico se determinó con los resultados de la tabla 29, para luego ser graficadas y obtener el límite plástico que es 27.43% y se halló el índice plástico de la diferencia del LL – LP obteniendo un índice de plasticidad de 27.84% que de acuerdo al MTC/2014 se considera un suelo con una plasticidad alta y característica suelo muy arcilloso.

Índice de plasticidad adicionado al 30% de mucilago de cactus San Pedro

LL-LP = 27.84%

**Clasificación de suelos según SUCS adicionado al 30% de mucilago de cactus
San Pedro**

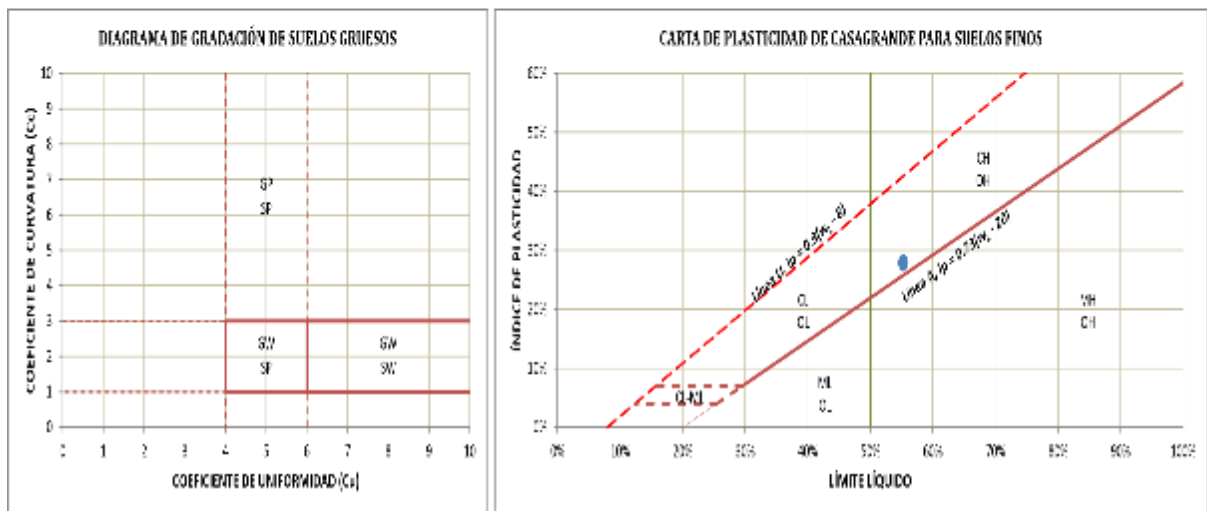
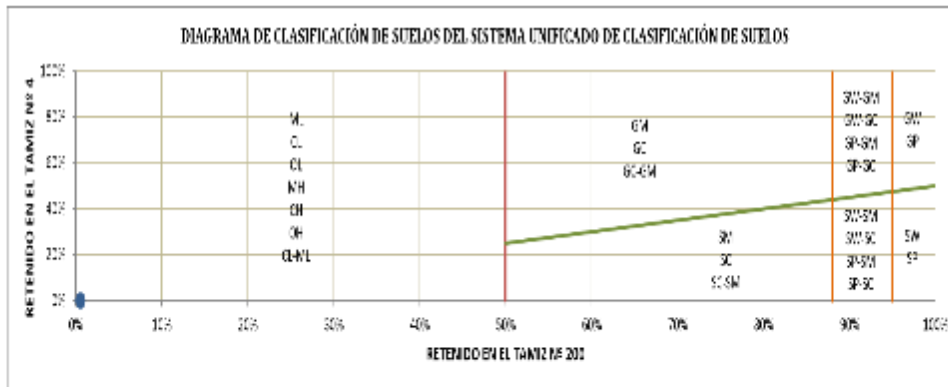
Tabla 30

Datos para clasificación

| Datos Para Clasificación | |
|---------------------------------|------------|
| Granulometría | |
| Porcentaje (%) Gruesos = | 0.55% |
| Porcentaje (%) Finos = | 99.45% |
| Total = | 100% |
| Porcentaje (%) Grava = | 0.00% |
| Porcentaje (%) Arena = | 0.55% |
| Total = | 0.55% |
| Fracción Gruesa | |
| Porcentaje (%) Grava = | 0.00% |
| Porcentaje (%) Arena = | 100% |
| Total = | 100% |
| Coeficientes | |
| Cu = | - |
| Cc = | - |
| Límites de Plasticidad | |
| Limite liquido(LL) = | 55.27% |
| Limite plástico(LP) = | 27.43% |
| Índice de plasticidad(IP) = | 27.84% |
| Otros Datos | |
| Tipo = | Inorgánico |

Fuente: Creación propia

Figura 55. Diagrama de Clasificación de Suelos SUCS



Fuente: Creación propia

Según los resultados este suelo se clasifica como **CH = Arcilla densa de alta plasticidad.**

Clasificación de suelos según AASHTO adicionado al 30% de mucilago de cactus San Pedro

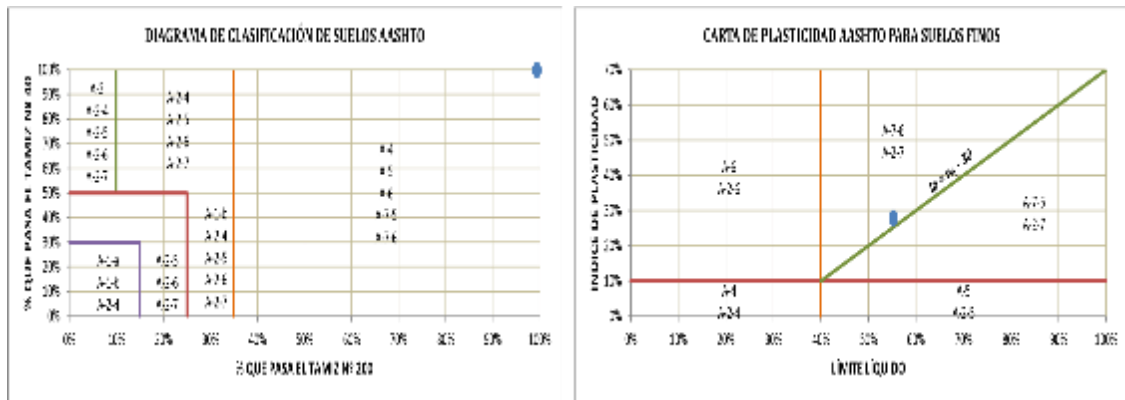
Tabla 31

Datos para Clasificación

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------|
| Granulometría | Límites de plasticidad | Otros Datos |
| % que pasa la malla N° 10 = 99.92% | LL = 55.27% | Tipo = Inorgánico |
| % que pasa la malla N° 40 = 99.75% | LP = 27.43% | |
| % que pasa la malla N° 200 = 99.45% | IP = 27.84% | |

Fuente: Creación propia

Figura 56. Esquema de Clasificación AASHTO



Fuente: Creación propia

Tabla 32

Calculo de Índice de Grupo

En la siguiente tabla se aprecia el cálculo de índice de grupo según la siguiente formula $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01b$, obteniendo un $IG = 18$ (Ver Anexo 3 Tabla 32)

Según los resultados obtenidos estos suelos se clasifican según AASHTO como:

A-7- 6 (18) = las arcillas y limos más plásticos

Ensayo de compactación, proctor modificado del suelo adicionado al 30% de mucilago de cactus San Pedro

Tabla 33

Proctor Modificado del Suelo Adicionado al 30% de Mucilago de Cactus San Pedro

En la tabla contempla los datos obtenidos del ensayo de proctor modificado con el objetivo de obtener la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para lo cual se realizaron cuatro muestras de compactación, con un porcentaje de 30% de mucilago de cactus San Pedro, obteniendo los siguientes resultados:

M - 01 densidad seca 1.47 gr/cm³ y contenido de agua 22.45%

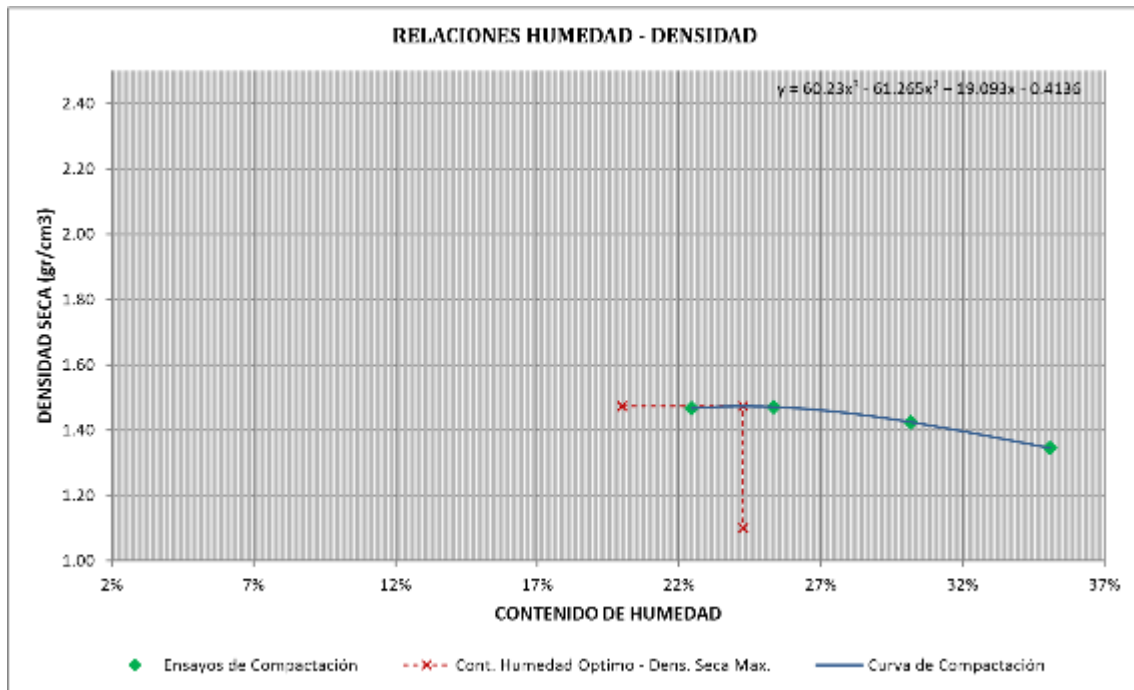
M - 02 densidad seca 1.47 gr/cm³ y contenido de agua 25.34%

M - 03 densidad seca 1.42 gr/cm³ y contenido de agua 30.18%

M - 04 densidad seca 1.34 gr/cm³ y contenido de agua 35.08%

(Ver Anexo 3 tabla 33)

Figura 57. Relación humedad – densidad



Fuente: Creación propia

Con los datos en la figura 57 se obtuvo un valor de humedad óptima de 24.26% y una densidad seca máxima de 1.47 gr/cm3.

Ensayo CBR (Relación de Soporte de California) del suelo adicionado al 30% de mucilago de cactus San Pedro.

En esta prueba se determinó la resistencia del suelo con referencia al 95% y densidad máxima seca y penetración de carga de 1 pulgada para esta prueba, se utilizó el óptimo contenido de humedad obtenido en la prueba de compactación con 30% de mucilago de cactus San Pedro ver figura 57

Tabla 34

Ensayo de Compactación para Sumergirlo por un Periodo de 96 Horas

| Muestra | ENSAYO DE COMPACTACIÓN | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | M - 01 | | M - 02 | | M - 03 | |
| N° de Golpes por Capa | 55 | Saturada | 26 | Saturada | 12 | Saturada |
| Condición de la Muestra | CHO | | CHO | | CHO | |
| Ubicación del Contenido de Humedad | Medio | Arriba | Medio | Arriba | Medio | Arriba |
| W de Capsula (gr) | 19.12 | 11.57 | 18.85 | 11.65 | 16.57 | 16.52 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 95.12 | 92.95 | 85.13 | 97.04 | 88.85 | 90.83 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 78.36 | 72.06 | 72.12 | 74.43 | 72.84 | 75.77 |
| W del Agua (gr) | 16.76 | 20.89 | 13.01 | 22.61 | 16.01 | 15.06 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 59.24 | 60.49 | 53.27 | 62.78 | 56.27 | 59.25 |
| Contenido de Humedad | 28.29% | 34.53% | 24.42% | 36.01% | 28.45% | 25.42% |
| % de Absorción | - | 6.24% | - | 11.59% | - | -3.03% |
| W del Molde (gr) | 7359 | 11435 | 7333 | 11315 | 7557 | 11305 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 11467 | | 10833 | | 10748 | |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 4108 | 4076 | 3500 | 3982 | 3191 | 3748 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 3202.08 | | 2812.99 | | 2484.19 | |
| W del Agua Absorbida (gr) | - | -32 | - | 482 | - | 557 |
| % de Absorción | - | -1.00% | - | 17.13% | - | 22.42% |
| Densidad húmeda (gr/cm3) | 1.93 | 1.66 | 1.65 | 1.59 | 1.50 | 1.46 |
| Densidad Seca (gr/cm3) | 1.51 | 1.30 | 1.32 | 1.12 | 1.17 | 0.97 |

Fuente: Creación propia

Tabla 35

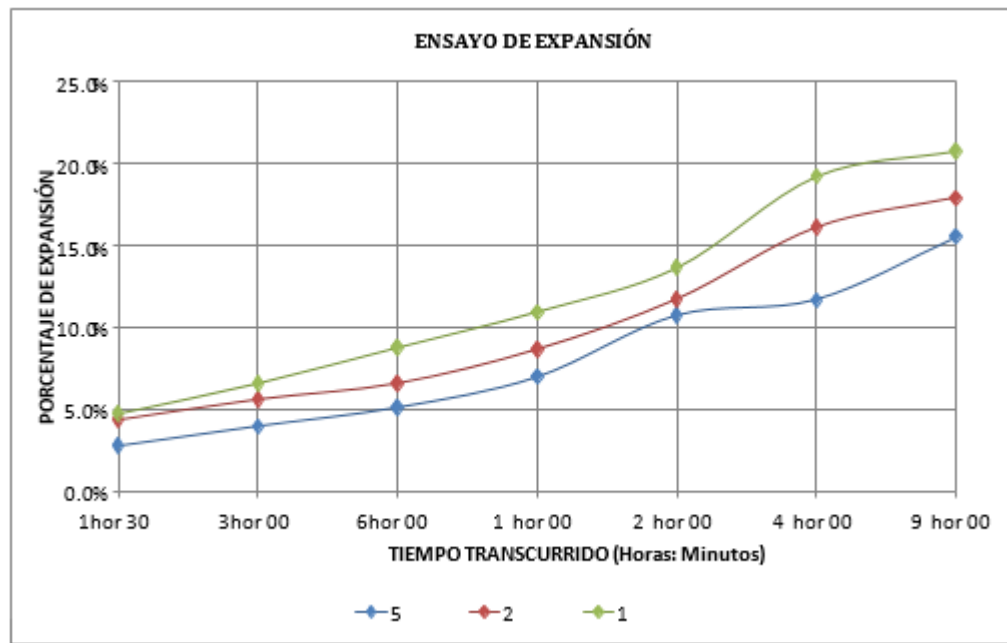
Ensayo de Expansión

| Muestra | ENSAYO DE EXPANSIÓN DEL SUELO | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------|---------|-------|--------|---------------|---------|--------|--------|---------------|---------|--------|--------|---------------|
| | M - 01 | | | | | M - 02 | | | | M - 03 | | | |
| Lapso Transcurrido | Dial | Defor. | % de | | | Dial | Defor. | % de | | Dial | Defor. | % de | |
| Días | HH:MM | *0.001" | plg | mm | Expan. | *0.001" | plg | mm | Expan. | *0.001" | plg | mm | Expan. |
| 0 | 0 hor 00 min | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% |
| 0.0625 | 1 hor 30 min | 128 | 0.128 | 3.251 | 2.79% | 201 | 0.201 | 5.105 | 4.38% | 218 | 0.218 | 5.537 | 4.76% |
| 0.125 | 3 hor | 183 | 0.183 | 4.648 | 3.99% | 258 | 0.258 | 6.553 | 5.63% | 303 | 0.303 | 7.696 | 6.61% |
| 0.25 | 6 hor 00 min | 235 | 0.235 | 5.969 | 5.13% | 303 | 0.303 | 7.696 | 6.61% | 403 | 0.403 | 10.236 | 8.79% |
| 0.5 | 12 hor 00 min | 320 | 0.32 | 8.128 | 6.98% | 398 | 0.398 | 10.109 | 8.68% | 503 | 0.503 | 12.776 | 10.97% |
| 1 | 24 hor 00 min | 492 | 0.492 | 12.497 | 10.73% | 538 | 0.538 | 13.665 | 11.74% | 626 | 0.626 | 15.900 | 13.66% |
| 2 | 48 hor 00 min | 536 | 0.536 | 13.614 | 11.69% | 738 | 0.738 | 18.745 | 16.10% | 881 | 0.881 | 22.377 | 19.22% |
| 4 | 96 hor 00 min | 712 | 0.712 | 18.085 | 15.53% | 821 | 0.821 | 20.853 | 17.91% | 952 | 0.952 | 24.181 | 20.77% |

Fuente: Creación propia

Con este ensayo se obtuvo los porcentajes de expansión, cuando estas muestras son sumergidas en agua por un tiempo de 96 horas, se puede apreciar que la muestras adicionados al 30% de mucilago de cactus San Pedro evidencio una expansión de: 15.53% para 55 golpes, 17.91% para 26 golpes y 20.77% para 12 golpes.

Figura 58. diagrama de Expansión



Fuente: Creación propia

Tabla 36

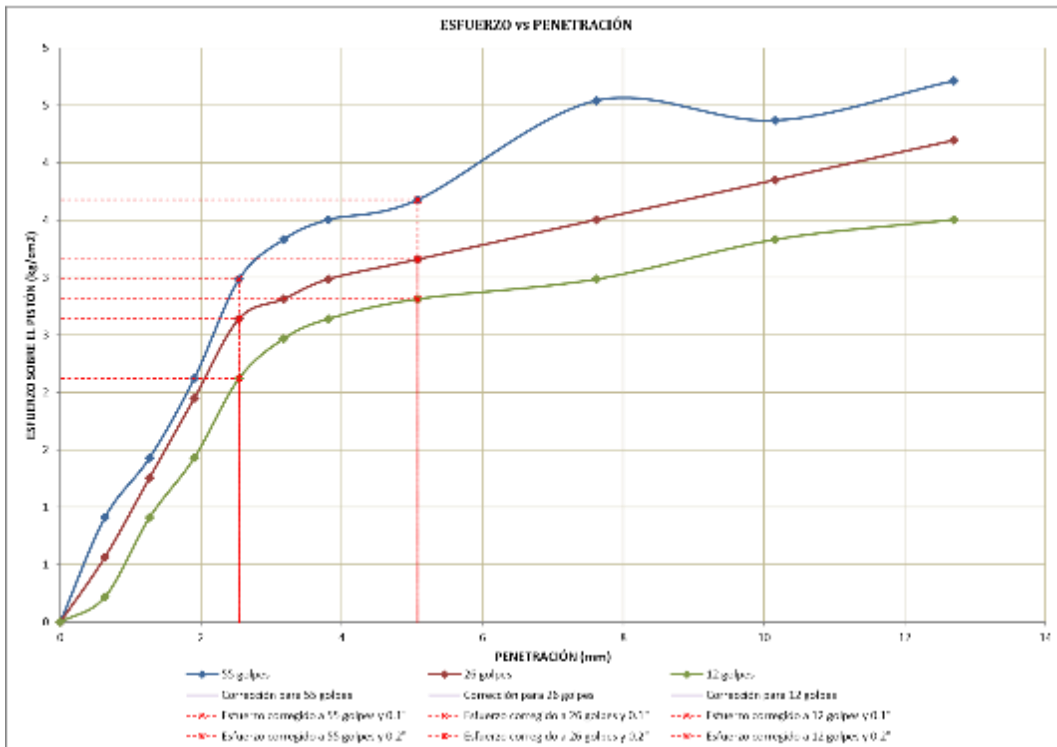
Ensayo de Penetración

| Muestra Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²) | PENETRACIÓN DE LA PRENSA CBR | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|----------------|--------|-----------|----------------------------|-------|--------|-----------|----------------------------|-------|--------|-----------|----------------------------|-------|---|
| | Dial | Penetración mm | M - 01 | | | | M - 02 | | | | M - 03 | | | | |
| | | | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm ² | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm ² | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm ² | CBR % | |
| | 0 | - | 0 | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - |
| | 25 | 0.635 | 6 | 17.64 | 0.91 | | 4 | 10.94 | 0.57 | | 2 | 4.24 | 0.22 | | |
| | 50 | 1.270 | 9 | 27.68 | 1.43 | | 8 | 24.33 | 1.26 | | 6 | 17.64 | 0.91 | | |
| | 75 | 1.905 | 13 | 41.07 | 2.12 | | 12 | 37.72 | 1.95 | | 9 | 27.68 | 1.43 | | |
| 70.31 | 100 | 2.540 | 18 | 57.80 | 2.99 | 4.25% | 16 | 51.11 | 2.64 | 3.76% | 13 | 41.07 | 2.12 | 3.02% | |
| | 125 | 3.175 | 20 | 64.50 | 3.33 | | 17 | 54.46 | 2.81 | | 15 | 47.77 | 2.47 | | |
| 105.46 | 150 | 3.810 | 21 | 67.84 | 3.51 | 3.49% | 18 | 57.80 | 2.99 | 3.00% | 16 | 51.11 | 2.64 | 2.67% | |
| | 200 | 5.080 | 22 | 71.19 | 3.68 | | 19 | 61.15 | 3.16 | | 17 | 54.46 | 2.81 | | |
| | 300 | 7.620 | 27 | 87.91 | 4.54 | | 21 | 67.84 | 3.51 | | 18 | 57.80 | 2.99 | | |
| | 400 | 10.160 | 26 | 84.57 | 4.37 | | 23 | 74.53 | 3.85 | | 20 | 64.50 | 3.33 | | |
| | 500 | 12.700 | 28 | 91.25 | 4.71 | | 25 | 81.22 | 4.20 | | 21 | 67.84 | 3.51 | | |

Fuente: Creación propia

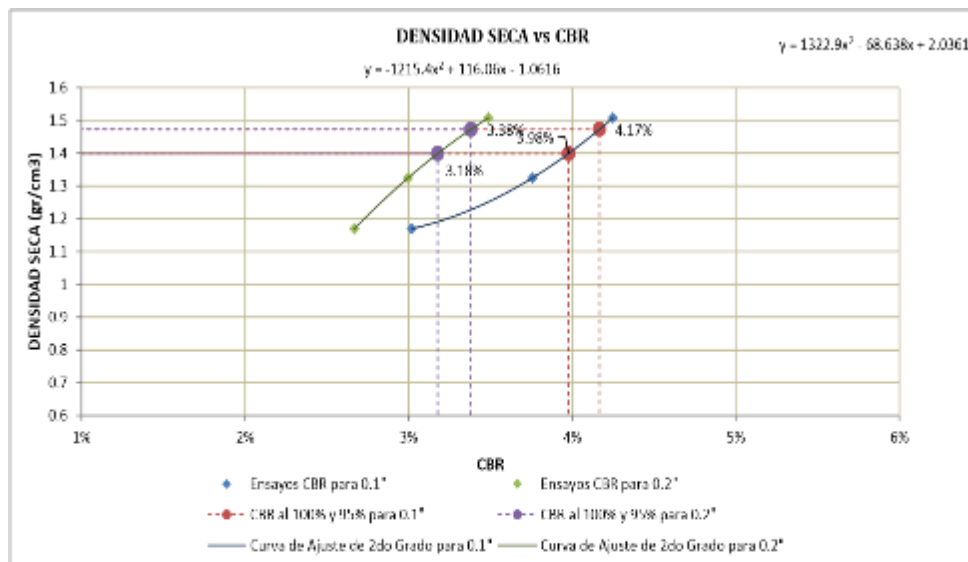
La capacidad que posee el suelo de soporte es determinada por el ensayo de penetración, al estar está sometido a compresión, con estos resultados se realizará el diagrama de esfuerzo vs penetración para obtener el valor del CBR.

Figura 59. Diagrama esfuerzo vs Penetración



Fuente: Creación propia

Figura 60. Densidad Seca vs CBR



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|-------------------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 55 | 4.25% | 3.49% | 1.51 gr/cm ³ |
| 26 | 3.76% | 3.00% | 1.32 gr/cm ³ |
| 12 | 3.02% | 2.67% | 1.17 gr/cm ³ |

Fuente: Creación propia

Tabla 37*Resultados (CBR) Adicionado al 30% de Mucilago de Cactus San Pedro*

| | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| MDS (gr/cm3) | 1.47 | |
| 95% de la MDS (gr/cm3) | 1.40 | |
| | 1" | 2" |
| CBR al 95% de la MDS | 3.98% | 3.18% |

Fuente: Creación propia

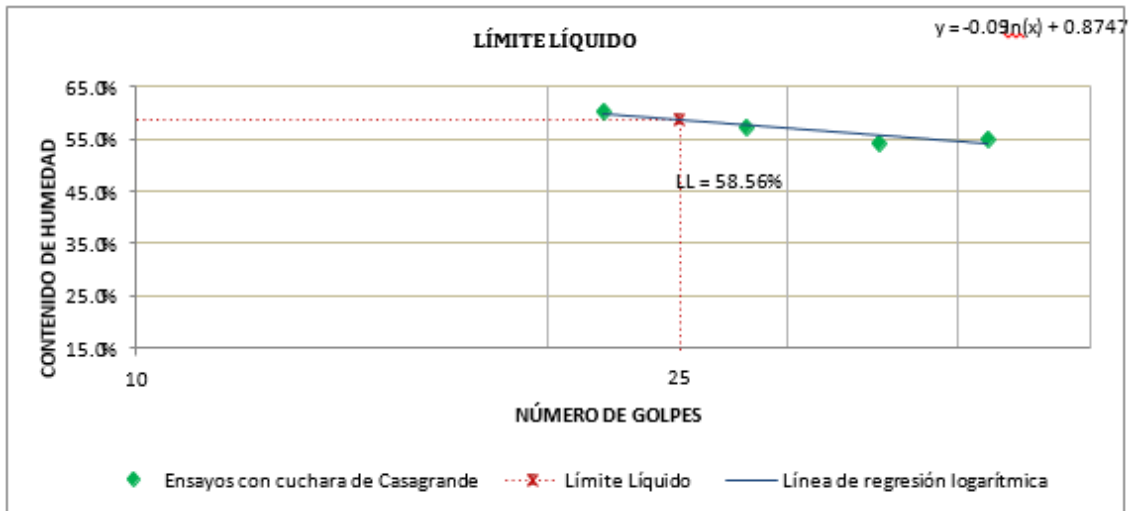
El resultado obtenido del (CBR) para subrasante de una carretera está expresado al 95% de su máxima densidad seca y a una penetración de 2.54mm (1"). Según la categorización de una subrasante del Manual de carreteras del MTC, el suelo agregado con un 30% de mucilago de cactus San Pedro, es considerada como **Subrasante insuficiente**, según el valor obtenido del **CBR de 3.98%**.

Ensayos del suelo con adición al 60% de mucilago de cactus San Pedro.**Límites de Consistencia****Limite líquido del suelo adicionado al 60% de mucilago de cactus San Pedro****Tabla 38***Limite Liquido al 60% de Mucilago de Cactus San Pedro*

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Golpes | 42 | 35 | 28 | 22 |
| W de Capsula (gr) | 8.42 | 8.41 | 8.12 | 8.23 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 25.84 | 28.56 | 27.07 | 27.59 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 19.66 | 21.48 | 20.17 | 20.31 |
| W del Agua (gr) | 6.18 | 7.08 | 6.90 | 7.28 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 11.24 | 13.07 | 12.05 | 12.08 |
| Contenido de Humedad | 54.98% | 54.17% | 57.26% | 60.26% |

Fuente: Creación propia

Figura 61. Diagrama de Limite Liquido



Fuente: Creación propia

El ensayo del límite líquido se determinó con los resultados de la tabla 38, para luego ser graficadas y obtener el límite líquido que es 58.56% ver figura 61

Limite plástico del suelo adicionado al 60% de mucilago de cactus San Pedro

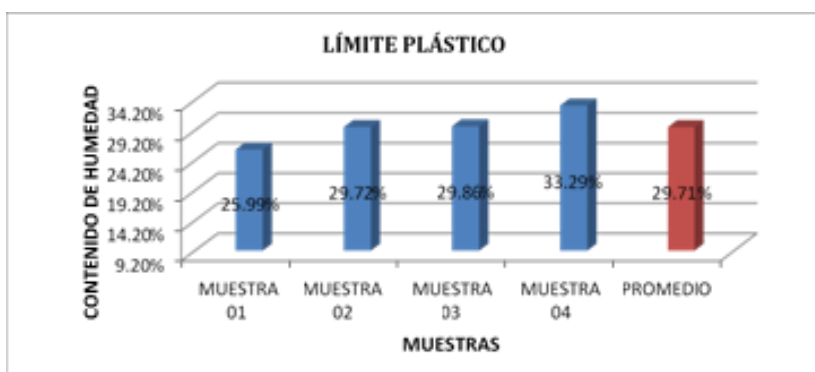
Tabla 39

Limite Plástico

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| W de Capsula (gr) | 7.09 | 8.74 | 6.17 | 8.01 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 16.98 | 19.39 | 16.26 | 18.86 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 14.94 | 16.95 | 13.94 | 16.15 |
| W del Agua (gr) | 2.04 | 2.44 | 2.32 | 2.71 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 7.85 | 8.21 | 7.77 | 8.14 |
| Contenido de Humedad | 25.99% | 29.72% | 29.86% | 33.29% |

Fuente: Creación propia

Figura 62. Diagrama de Limite Plástico



Fuente: Creación propia

De acuerdo al ensayo del límite plástico se determinó con los resultados de la tabla 59, para luego ser graficadas y obtener el límite plástico que es 29.71% y se halló el índice plástico de la diferencia del LL – LP obteniendo un índice de plasticidad de 28.84% que de acuerdo al MTC /2014 se considera un suelo con una plasticidad alta y característica suelo muy arcilloso.

Índice de plasticidad adicionado al 60% de mucilago de cactus San Pedro

LL-LP = 28.84%

**Clasificación de suelos según SUCS adicionado al 60% de mucilago de cactus
San Pedro.**

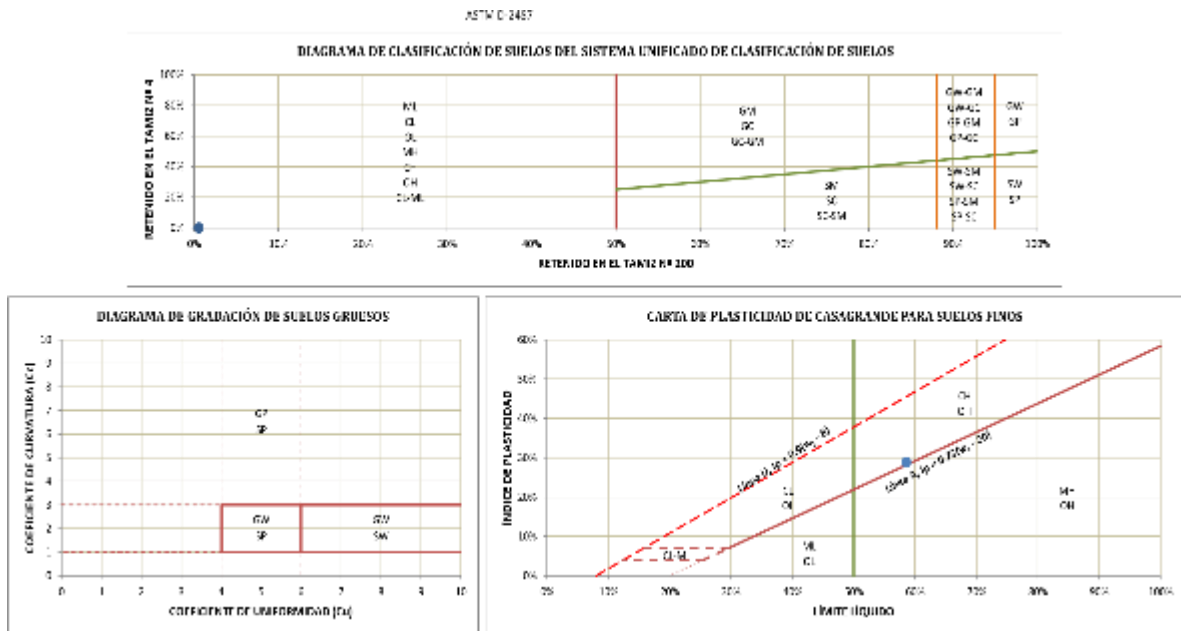
Tabla 40

datos para clasificación

| Datos Para Clasificación | |
|------------------------------------|------------|
| Granulometría | |
| Porcentaje (%) Gruesos = 0.55% | |
| Porcentaje (%) Finos = 99.45% | |
| Total = 100% | |
| Porcentaje (%) Grava = 0.00% | |
| Porcentaje (%) Arena = 0.55% | |
| Total = 0.55% | |
| Fracción Gruesa | |
| Porcentaje (%) Grava = 0.00% | |
| Porcentaje (%) Arena = 100% | |
| Total = 100% | |
| Coeficientes | |
| Cu = - | |
| Cc = - | |
| Límites de plasticidad | |
| Limite liquido(LL) = 58.56% | |
| Limite plástico(LP) = 29.71% | |
| Índice de plasticidad(IP) = 28.84% | |
| Otros Datos | |
| Tipo = | Inorgánico |

Fuente: Creación propia

Figura 63. Diagrama de Clasificación de Suelos SUCS



Fuente: Creación propia

Según los resultados este suelo se clasifica como **CH = Arcilla densa de alta plasticidad**

Clasificación de suelos según AASHTO adicionado al 60% de mucilago de cactus San Pedro

Tabla 41

Datos para Clasificación

en esta tabla se aprecia los datos para la clasificación del suelo en la cual se observa los resultados del tamizado en los diferentes N° de mallas y sus límites de plasticidad obteniendo: LL- 58.56%, LP – 29.71% y IP – 28.48%.

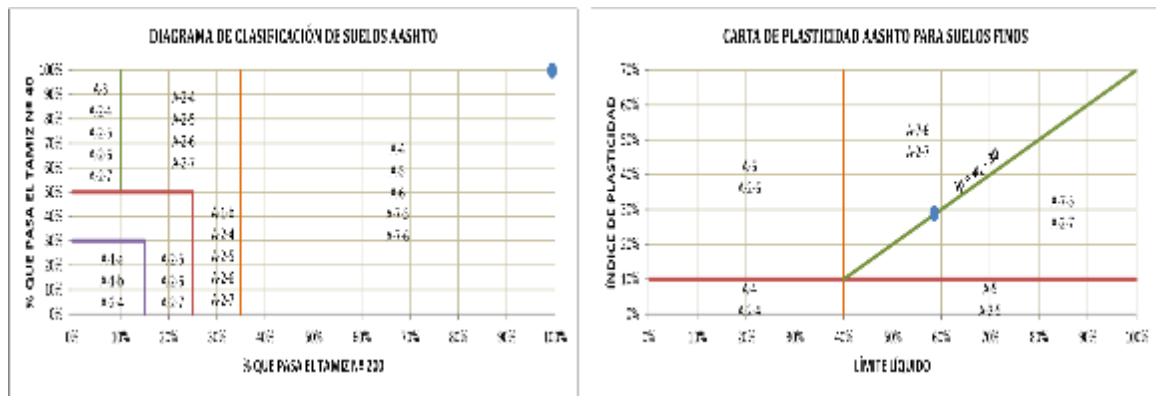
malla N° 10, porcentaje que pasa 99.92%

malla N° 40, porcentaje que pasa 99.75%

malla N° 200, porcentaje que pasa 99.45%

(Ver Anexo 3 Tabla 41)

Figura 64. Diagrama de Clasificación AASHTO



Fuente: Creación propia

Tabla 42

Calculo de Índice de Grupo

En la siguiente tabla se aprecia el cálculo de índice de grupo según la siguiente formula $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01b$, obteniendo un $IG = 19$ (Ver Anexo 3 Tabla 42)

Según los resultados obtenidos estos suelos se clasifican según AASHTO como:

A-7- 6 (19) = las arcillas y limos más plásticos

Ensayo de compactación, Proctor modificado del suelo adicionado al 60% de mucilago de cactus San Pedro.

Tabla 43

Proctor Modificado del Suelo Adicionado al 60% de Mucilago de cactus San Pedro

En la tabla contempla los datos obtenidos del ensayo de proctor modificado con el objetivo de obtener la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para lo cual se realizaron cuatro muestras de compactación, con un porcentaje de 60% de mucilago de cactus San Pedro, obteniendo los siguientes resultados.

M - 01 densidad seca 1.34 gr/cm³ y contenido de agua 29.99%

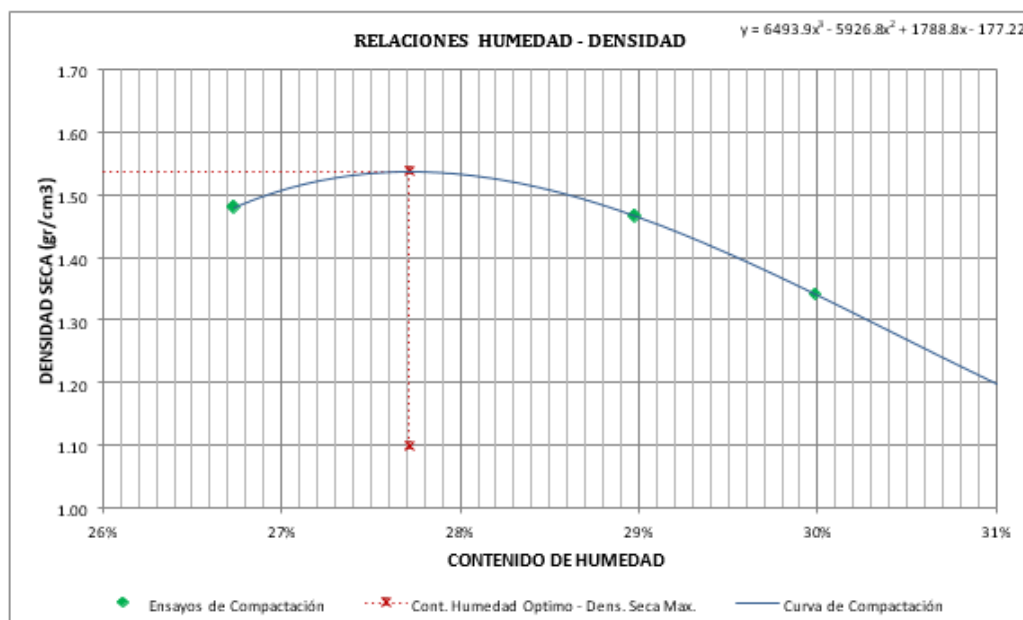
M - 02 densidad seca 1.48 gr/cm³ y contenido de agua 26.73%

M - 03 densidad seca 1.47 gr/cm³ y contenido de agua 28.97%

M - 04 densidad seca 1.35 gr/cm³ y contenido de agua 35.34%

(Ver Anexo 3 tabla 43)

Figura 65. Relación Humedad – Densidad



Fuente: Creación propia

De acuerdo al diagrama de la figura 65: se obtuvo un óptimo contenido de humedad de 27.71% y una máxima densidad seca de 1.54 gr/cm³.

Ensayo CBR (Relación de Soporte de California) del suelo adicionado al 60% de mucilago de cactus San Pedro

Con este ensayo se determinará la resistencia del suelo con referencia al 95% y de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 1 pulgada, para este ensayo se usará el óptimo contenido de humedad obtenido en el ensayo de compactación adicionado con el 60% de mucilago de cactus San Pedro.

Tabla 44

Ensayo de Compactación para Sumergirlo por un Periodo de 96 Horas

| Muestra | M - 01 | | M - 02 | | M - 03 | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 55 | Saturada | 26 | Saturada | 12 | Saturada |
| N° de Golpes por Capa | | | | | | |
| Condición de la Muestra | CHO | | CHO | | CHO | |
| Ubicación del Contenido de Humedad | Medio | Arriba | Medio | Arriba | Medio | Arriba |
| W de Capsula (gr) | 18.99 | 15.92 | 16.27 | 11.86 | 18.49 | 19.17 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 83.02 | 87.40 | 81.09 | 95.08 | 88.52 | 103.06 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 70.51 | 69.74 | 66.70 | 74.78 | 74.35 | 81.76 |
| W del Agua (gr) | 12.51 | 17.66 | 14.39 | 20.30 | 14.17 | 21.30 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 51.52 | 53.82 | 50.43 | 62.92 | 55.86 | 62.59 |
| Contenido de Humedad | 24.28% | 32.81% | 28.53% | 32.26% | 25.37% | 34.03% |
| % de Absorción | - | 8.53% | - | 3.73% | - | 8.66% |
| W del Molde (gr) | 6968 | 11165 | 7245 | 11205 | 7468 | 11365 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 11023 | | 11016 | | 11105 | |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 4055 | 4197 | 3771 | 3960 | 3637 | 3897 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 3262.75 | | 2933.84 | | 2901.08 | |
| W del Agua Absorbida (gr) | - | 142 | - | 189 | - | 260 |
| % de Absorción | - | 4.35% | - | 6.44% | - | 8.96% |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 1.91 | 1.86 | 1.78 | 1.75 | 1.71 | 1.71 |
| Densidad Seca (gr/cm³) | 1.54 | 1.45 | 1.38 | 1.30 | 1.37 | 1.28 |

Fuente: Creación propia

Tabla 45

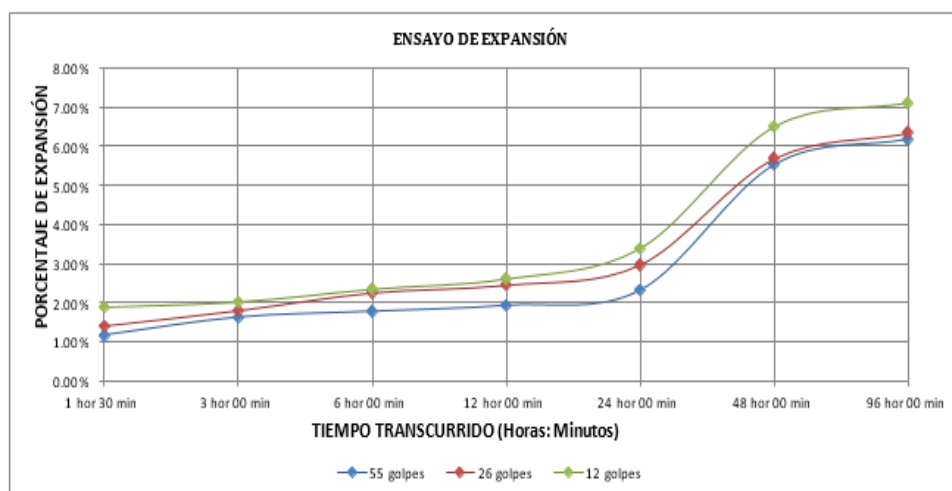
Ensayo de Expansión

| Muestra | ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------|--------|--------------|------------|-----------|--------------|--------------|------------|-----------|--------------|--------------|------------|-----------|--------------|
| | Lapso Transcurrido | | M - 01 | | | M - 02 | | | M - 03 | | | | | |
| | Días | HH:MM | Dial *0.001" | Defor. plg | Defor. mm | % de Expan. | Dial *0.001" | Defor. plg | Defor. mm | % de Expan. | Dial *0.001" | Defor. plg | Defor. mm | % de Expan. |
| 0 | 0 hor | 00 min | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% | 0 | 0 | 0.000 | 0.00% |
| 0.0625 | 1 hor | 30 min | 53 | 0.053 | 1.346 | 1.16% | 64 | 0.064 | 1.626 | 1.40% | 86 | 0.086 | 2.184 | 1.88% |
| 0.125 | 3 hor | 00 min | 74 | 0.074 | 1.880 | 1.61% | 82 | 0.082 | 2.083 | 1.79% | 92 | 0.092 | 2.337 | 2.01% |
| 0.25 | 6 hor | 00 min | 81 | 0.081 | 2.057 | 1.77% | 103 | 0.103 | 2.616 | 2.25% | 107 | 0.107 | 2.718 | 2.33% |
| 0.5 | 12 hor | 00 min | 88 | 0.088 | 2.235 | 1.92% | 112 | 0.112 | 2.845 | 2.44% | 119 | 0.119 | 3.023 | 2.60% |
| 1 | 24 hor | 00 min | 106 | 0.106 | 2.692 | 2.31% | 136 | 0.136 | 3.454 | 2.97% | 155 | 0.155 | 3.937 | 3.38% |
| 2 | 48 hor | 00 min | 254 | 0.254 | 6.452 | 5.54% | 261 | 0.261 | 6.629 | 5.69% | 298 | 0.298 | 7.569 | 6.50% |
| 4 | 96 hor | 00 min | 283 | 0.283 | 7.188 | 6.17% | 291 | 0.291 | 7.391 | 6.35% | 326 | 0.326 | 8.280 | 7.11% |

Fuente: Creación propia

Con este ensayo se obtuvo los porcentajes de expansión, cuando estas muestras son sumergidas en agua por un tiempo de 96 horas, se puede apreciar que las muestras adicionados al 60% de mucilago de cactus San Pedro, se evidencio una expansión de: 6.17% para 55 golpes, 6.35% para 26 golpes y 7.11% para 12 golpes.

Figura 66. Diagrama de Expansión



Fuente: Creación propia

Tabla 46

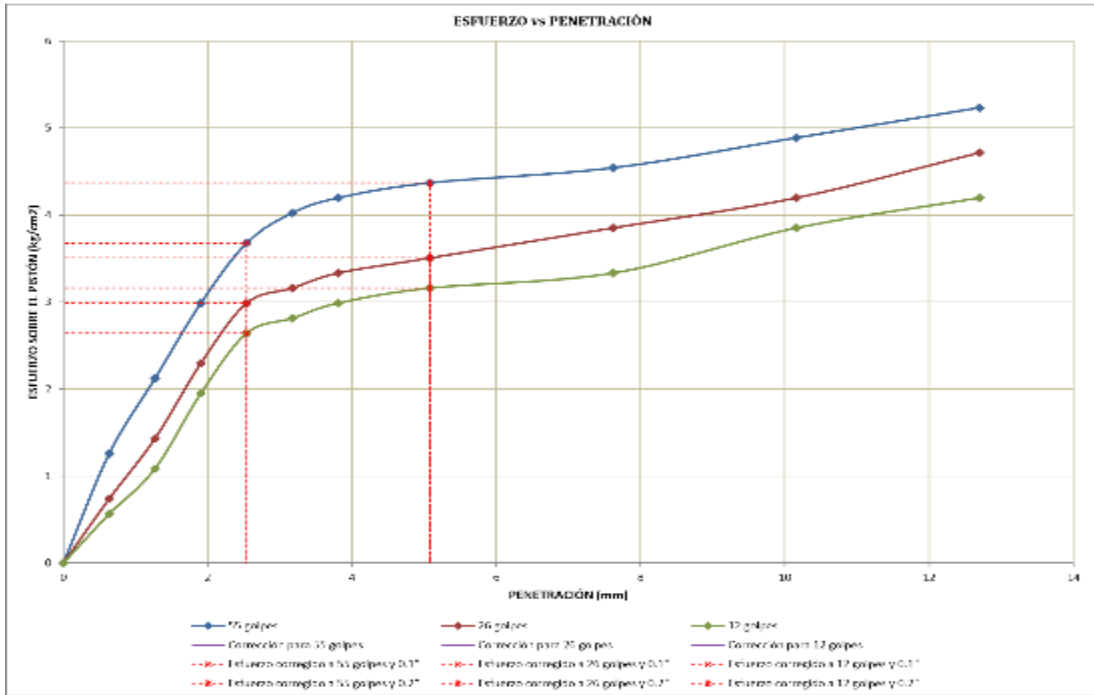
Ensayo de Penetración

| | | PENETRACIÓN CON LA PRENSA CBR | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------|------|-----------|----------------|-------|--------|-----------|----------------|-------|------|-----------|----------------|-------|--|--|
| Muestra | | M - 01 | | | | | M - 02 | | | | | M - 03 | | | | |
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm2) | Dial *0.001" | Penetra. mm | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm2 | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm2 | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm2 | CBR % | | |
| | 0 | - | 0 | - | - | | 0 | - | - | | 0 | - | - | | | |
| | 25 | 0.635 | 8 | 24.33 | 1.26 | | 5 | 14.29 | 0.74 | | 4 | 10.94 | 0.57 | | | |
| | 50 | 1.270 | 13 | 41.07 | 2.12 | | 9 | 27.68 | 1.43 | | 7 | 20.98 | 1.08 | | | |
| | 75 | 1.905 | 18 | 57.80 | 2.99 | | 14 | 44.42 | 2.29 | | 12 | 37.72 | 1.95 | | | |
| 70.31 | 100 | 2.540 | 22 | 71.19 | 3.68 | 5.23% | 18 | 57.80 | 2.99 | 4.25% | 16 | 51.11 | 2.64 | 3.76% | | |
| | 125 | 3.175 | 24 | 77.88 | 4.02 | | 19 | 61.15 | 3.16 | | 17 | 54.46 | 2.81 | | | |
| 105.46 | 150 | 3.810 | 25 | 81.22 | 4.20 | 4.14% | 20 | 64.50 | 3.33 | 3.32% | 18 | 57.80 | 2.99 | 3.00% | | |
| | 200 | 5.080 | 26 | 84.57 | 4.37 | | 21 | 67.84 | 3.51 | | 19 | 61.15 | 3.16 | | | |
| | 300 | 7.620 | 27 | 87.91 | 4.54 | | 23 | 74.53 | 3.85 | | 20 | 64.50 | 3.33 | | | |
| | 400 | 10.160 | 29 | 94.60 | 4.89 | | 25 | 81.22 | 4.20 | | 23 | 74.53 | 3.85 | | | |
| | 500 | 12.700 | 31 | 101.28 | 5.23 | | 28 | 91.25 | 4.71 | | 25 | 81.22 | 4.20 | | | |

Fuente: Creación propia

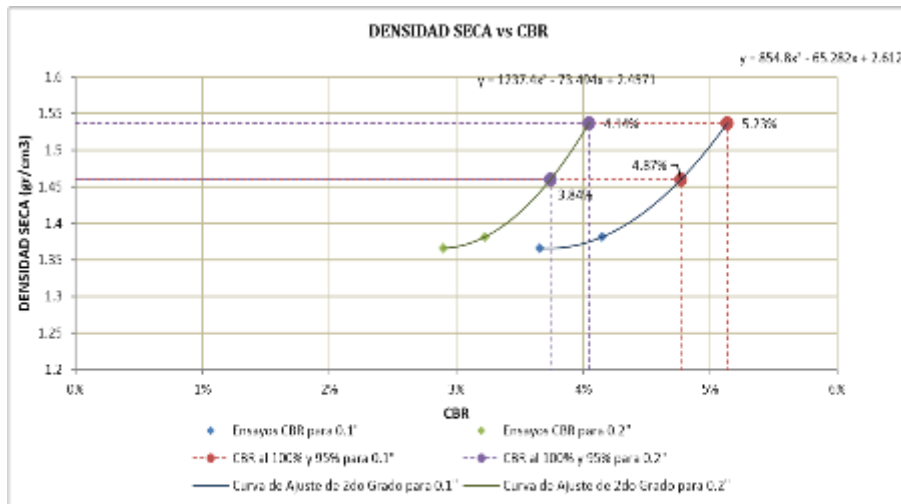
Se realizó la prueba de penetración para obtener la capacidad de soporte del suelo, al estar sometido a compresión, con estos resultados se realizaron el diagrama de esfuerzo vs penetración para obtener el valor del CBR.

Figura 67. Diagrama Esfuerzo vs Penetración



Fuente: Creación propia

Figura 68. Densidad Seca vs CBR



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|-------------------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 55 | 5.23% | 4.14% | 1.54 gr/cm ³ |
| 26 | 4.25% | 3.32% | 1.38 gr/cm ³ |
| 12 | 3.76% | 3.00% | 1.37 gr/cm ³ |

Fuente: Creación propia

Tabla 47*Resultados (CBR) Adicionado al 60% de Mucilago de cactus San Pedro*

| | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| MDS (gr/cm3) | 1.54 | |
| 95% de la MDS (gr/cm3) | 1.46 | |
| | 1" | 2" |
| CBR al 95% de la MDS | 4.87% | 3.84% |

Fuente: Creación propia

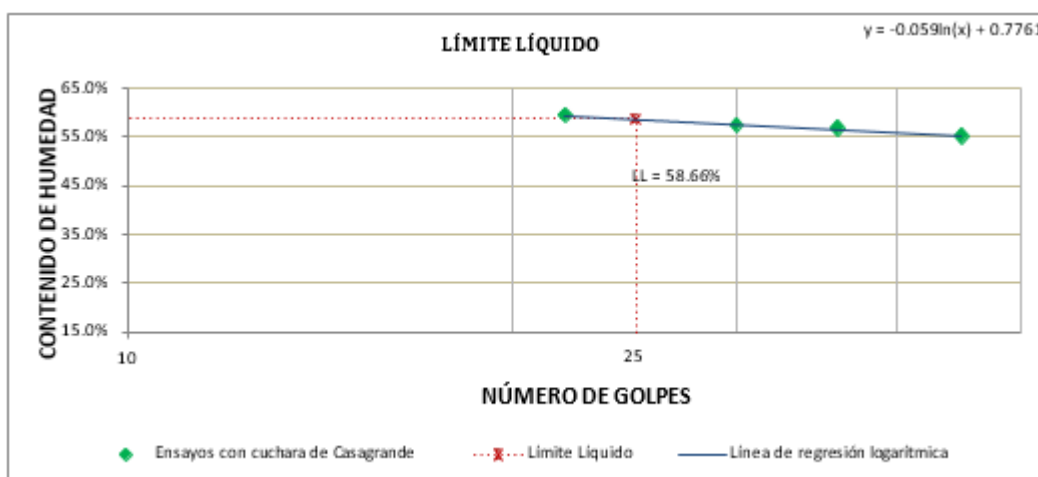
El resultado obtenido del (CBR) para subrasante de una carretera está referido al 95% de su máxima densidad seca y a una penetración de 2.54mm (1"). Según la categorización de una subrasante del Manual de carreteras del MTC, el suelo agregado con un 60% de mucilago de cactus San Pedro, es considerada como **Subrasante insuficiente**, según el valor obtenido del **CBR de 4.87%**.

Ensayos del suelo con adición al 90% de mucilago de cactus San Pedro.**Límites de Consistencia****Limite líquido del suelo adicionado al 90% de mucilago de cactus San Pedro****Tabla 48***Limite Liquido al 90% de Mucilago de cactus San Pedro*

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Golpes | 45 | 36 | 30 | 22 |
| W de Capsula (gr) | 6.49 | 8.07 | 6.32 | 8.42 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 22.90 | 29.00 | 20.72 | 25.13 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 17.07 | 21.42 | 15.47 | 18.90 |
| W del Agua (gr) | 5.83 | 7.58 | 5.25 | 6.23 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 10.58 | 13.35 | 9.15 | 10.48 |
| Contenido de Humedad | 55.10% | 56.78% | 57.38% | 59.45% |

Fuente: Creación propia

Figura 69. Diagrama de Limite Liquido



Fuente: Creación propia

El ensayo del límite líquido se determinó con los resultados de la tabla 48, para luego ser graficadas y obtener el límite líquido que es 58.66% ver figura 69.

Limite plástico del suelo adicionado al 90% de mucilago de cactus San Pedro

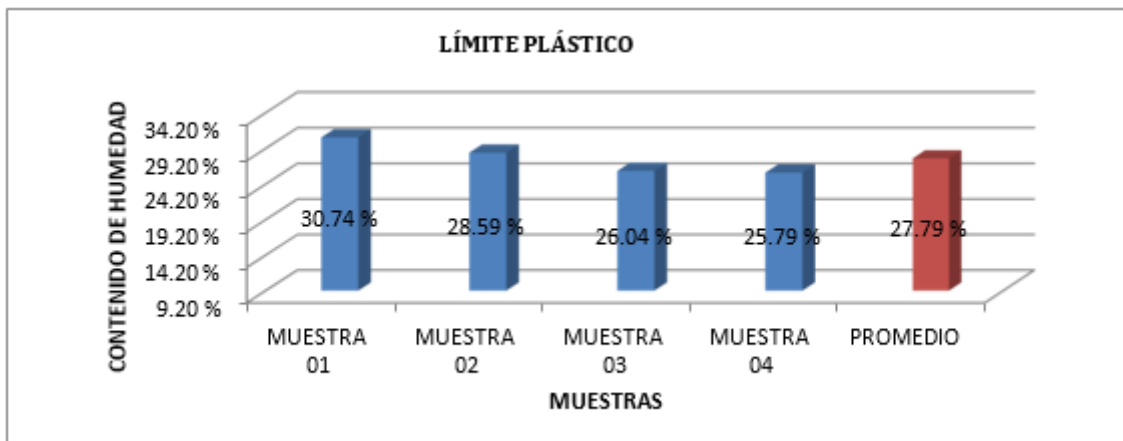
Tabla 49

Limite Plástico

| Descripción | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| W de Capsula (gr) | 7.84 | 8.03 | 7.82 | 9.82 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 17.92 | 17.79 | 18.13 | 20.55 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 15.55 | 15.62 | 16.00 | 18.35 |
| W del Agua (gr) | 2.37 | 2.17 | 2.13 | 2.20 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 7.71 | 7.59 | 8.18 | 8.53 |
| Contenido de Humedad | 30.74% | 28.59% | 26.04% | 25.79% |

Fuente: Creación propia

Figura 70. Diagrama de Limite Plástico



Fuente: Creación propia

De acuerdo al ensayo del límite plástico se determinó con los resultados de la figura 67, para luego ser graficadas y obtener el límite plástico que es 27.79% y se halló el índice plástico de la diferencia del LL – LP obteniendo un índice de plasticidad de 30.87% que de acuerdo al MTC /2014 se considera un suelo con una **plasticidad alta** y característica **suelo muy arcilloso**.

Índice de plasticidad adicionado al 90% de mucilago de cactus San Pedro

LL-LP = 30.87%

Clasificación de suelos según SUCS adicionado al 90% de mucilago de cactus

San Pedro

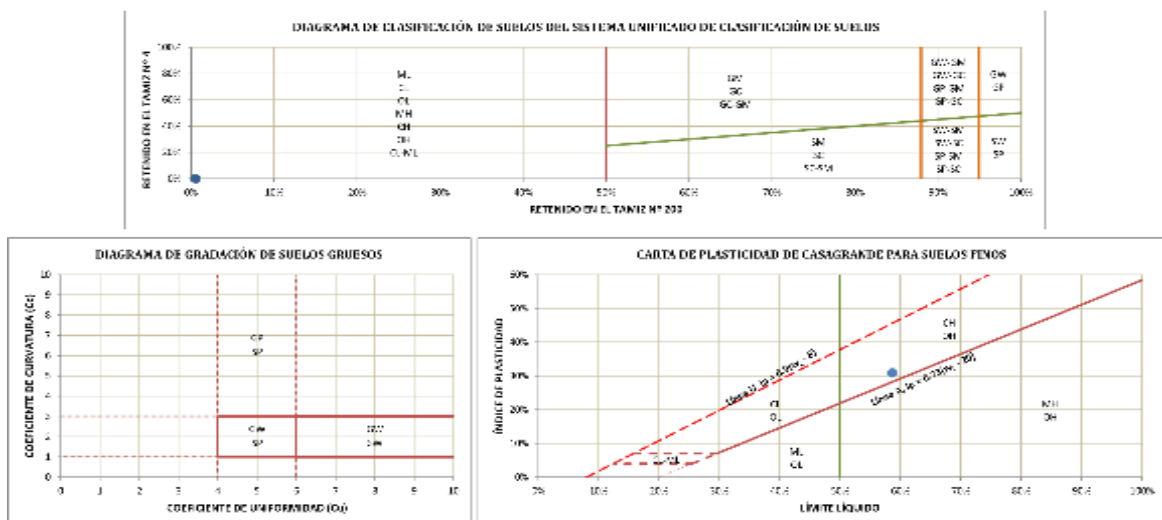
Tabla 50

Datos para Clasificación

| Datos Para Clasificación | |
|-------------------------------|------------|
| Granulometría | |
| Porcentaje(%) Gruesos = | 0.55% |
| Porcentaje(%) Finos = | 99.45% |
| Total = | 100% |
| Porcentaje(%) Grava = | 0.00% |
| Porcentaje(%) Arena = | 0.55% |
| Total = | 0.55% |
| Fracción Gruesa | |
| Porcentaje(%) Grava = | 0.00% |
| Porcentaje(%) Arena = | 100% |
| Total = | 100% |
| Coefficientes | |
| Cu = | - |
| Cc = | - |
| Límites de plasticidad | |
| Límite liquido(LL) = | 58.66% |
| Límite de plasticidad(LP) = | 27.79% |
| Índice de plasticidad(IP) = | 30.87% |
| Otros Datos | |
| Tipo = | Inorgánico |

Fuente: Creación propia

Figura 71. Diagrama de Clasificación de Suelos SUCS



Fuente: Creación propia

Según los resultados este suelo se clasifico como **CH = Arcilla densa de alta plasticidad.**

Clasificación de suelos según AASHTO adicionado al 90% de mucilago de cactus San Pedro

Tabla 51

Datos para Clasificación de Suelos

en esta tabla se aprecia los datos para la clasificación del suelo en la cual se observa los resultados del tamizado en los diferentes N° de mallas y sus límites de plasticidad obteniendo: LL- 58.66%, LP – 29.79% y IP – 30.87%.

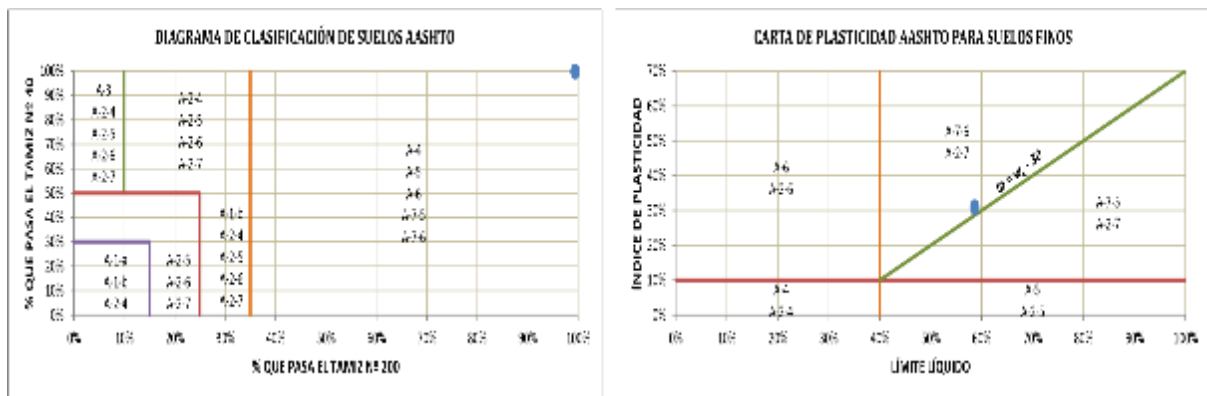
malla N° 10, porcentaje que pasa 99.92%

malla N° 40, porcentaje que pasa 99.75%

malla N° 200, porcentaje que pasa 99.45%

(Ver Anexo 3 Tabla 51)

Figura 72. Diagrama de Clasificación AASHTO



Fuente: Creación propia

Tabla 52

Calculo de Índice de Grupo

En la siguiente tabla se aprecia el cálculo de índice de grupo según la siguiente formula $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01b$, obteniendo un $IG = 20$ (Ver Anexo 3 Tabla N°52)

Según los datos obtenidos estos suelos se clasifican según AASHTO como

A-7- 6 (20) = las arcillas y limos más plásticos

Ensayo de compactación, Proctor modificado del suelo adicionado al 90% de mucilago de cactus San Pedro

Tabla 53

Proctor Modificado del Suelo Adicionado al 90% de Mucilago de Cactus San Pedro

En la tabla contempla los datos obtenidos del ensayo de proctor modificado con el objetivo de obtener la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para lo cual se realizaron cuatro muestras de compactación, con un porcentaje de 90% de mucilago de cactus San Pedro, obteniendo los siguientes resultados.

M - 01 densidad seca 1.39 gr/cm³ y contenido de agua 22.17%

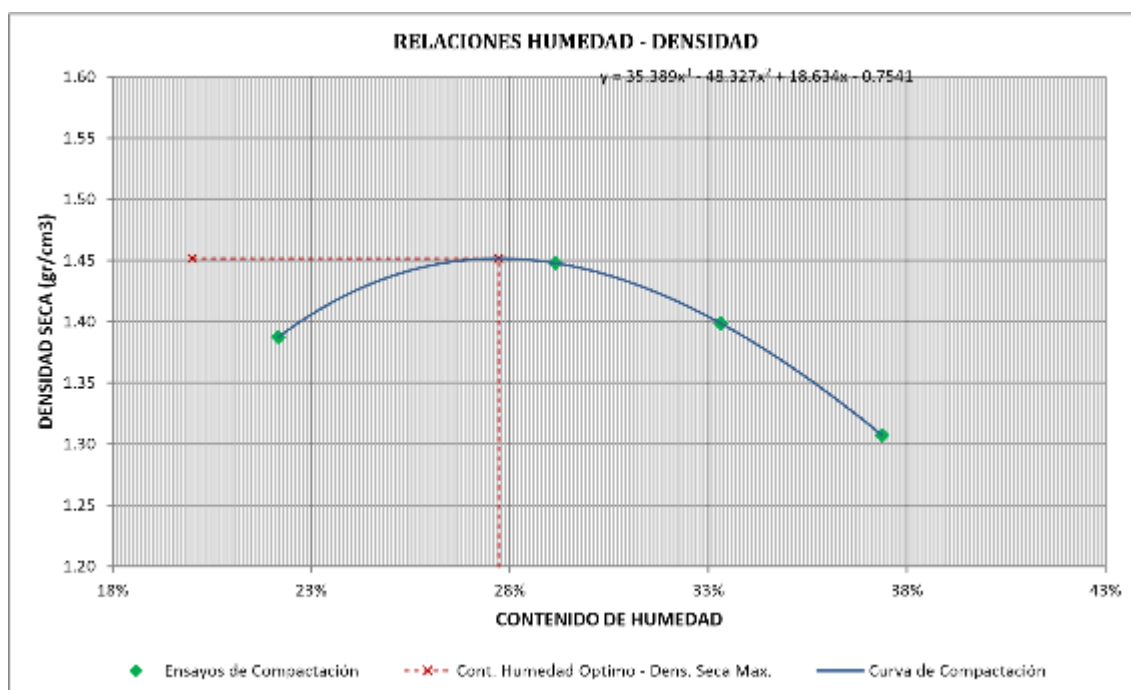
M - 02 densidad seca 1.45 gr/cm³ y contenido de agua 29.15%

M - 03 densidad seca 1.40 gr/cm³ y contenido de agua 33.31%

M - 04 densidad seca 1.31gr/cm³ y contenido de agua 37.38%

(Ver Anexo 3 tabla 53)

Figura 73. Diagrama Relación Humedad – Densidad



Fuente: Creación propia

De acuerdo al diagrama de la figura 73 se obtuvo un óptimo contenido de humedad de 27.72% y una máxima densidad seca de 1.45 gr/cm³.

Ensayo CBR (Relación de Soporte de California) del suelo adicionado al 90% de mucilago de cactus San Pedro.

Con este ensayo se determinó la resistencia del suelo (CBR) con referencia al 95% y de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 1 pulgada para este ensayo se utilizó el óptimo contenido de humedad obtenido en la prueba de compactación adicionado con el 90% de mucilago de cactus San Pedro ver tabla 54

Tabla 54

Ensayo de Compactación para Sumergirlo por un Periodo de 96 Horas

| Muestra | M - 01 | | M - 02 | | M - 03 | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 55 | Saturada | 26 | Saturada | 12 | Saturada |
| N° de Golpes por Capa | | | | | | |
| Condición de la Muestra | CHO | | CHO | | CHO | |
| Ubicación del Contenido de Humedad | Medio | Arriba | Medio | Arriba | Medio | Arriba |
| W de Capsula (gr) | 16.38 | 16.00 | 19.18 | 10.48 | 19.30 | 15.14 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 84.11 | 88.73 | 89.66 | 90.70 | 92.82 | 107.70 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 70.22 | 67.72 | 75.83 | 68.93 | 78.34 | 84.97 |
| W del Agua (gr) | 13.89 | 21.01 | 13.83 | 21.77 | 14.48 | 22.73 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 53.84 | 51.72 | 56.65 | 58.45 | 59.04 | 69.83 |
| Contenido de Humedad | 25.80% | 40.62% | 24.41% | 37.25% | 24.53% | 32.55% |
| % de Absorción | - | 14.82% | - | 12.83% | - | 8.02% |
| W del Molde (gr) | 68 | 11120 | 7380 | 11480 | 7510 | 11205 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 41 | | 11145 | | 10852 | |
| | 10934 | | | | | |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 4093 | 4279 | 3765 | 4100 | 3342 | 3695 |
| W de la Muestra Seca (gr) | | 3253.61 | | 3026.21 | | 2683.78 |
| W del Agua Absorbida (gr) | - | 186 | - | 335 | - | 353 |
| % de Absorción | - | 5.72% | - | 11.07% | - | 13.15% |
| Densidad húmeda (gr/cm3) | 1.93 | 1.90 | 1.77 | 1.82 | 1.57 | 1.62 |
| Densidad Seca (gr/cm3) | 1.53 | 1.44 | 1.42 | 1.34 | 1.26 | 1.18 |

Fuente: Creación propia

Tabla 55

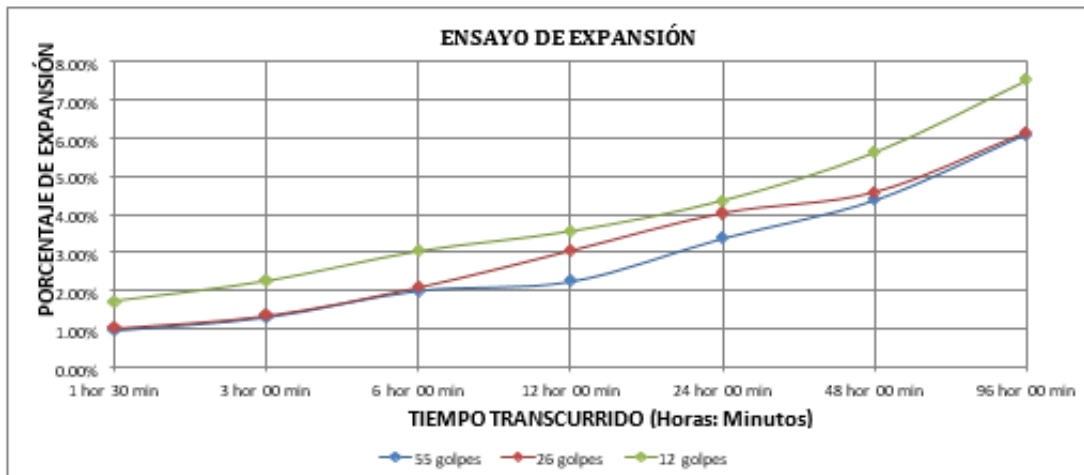
Ensayo de Expansión

| Prueba de Expansión del Suelo | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------|--------|-----|-------|-------------|--------|-------|-------|-------------|--------|-----|-------|
| Muestra | | M - 01 | | | | M - 02 | | | | M - 03 | | | |
| Lapso Transcurrido Días | HH:MM | Dial | Deform | | % de | Dial | Deform | | % de | Dial | Deform | | % de |
| | | *0.00 1" | plg | mm | Expan | *0.00 1" | plg | mm | Expan | *0.00 1" | plg | mm | Expan |
| 0 | 0 hor 00 min | 0 | - | - | - | 0 | - | - | - | 0 | - | - | - |
| 0.0625 | 1 hor 30 min | 44 | 0.0 | 1.1 | 0.96% | 47 | 0.0 | 1.1 | 1.03% | 79 | 0.0 | 2.0 | 1.72% |
| | | | 44 | 18 | | | 47 | 94 | | | 79 | 07 | |
| 0.125 | 3 hor 00 min | 60 | 0.0 | 1.5 | 1.31% | 62 | 0.0 | 1.5 | 1.35% | 103 | 0.1 | 2.6 | 2.25% |
| | | | 6 | 24 | | | 62 | 75 | | | 103 | 16 | |
| 0.25 | 6 hor 00 min | 92 | 0.0 | 2.3 | 2.01% | 96 | 0.0 | 2.4 | 2.09% | 139 | 0.1 | 3.5 | 3.03% |
| | | | 92 | 37 | | | 96 | 38 | | | 139 | 31 | |
| 0. | 12 hor 00 min | 103 | 0.1 | 2.6 | 2.25% | 140 | 0.1 | 3.5 | 3.05% | 163 | 0.1 | 4.1 | 3.56% |
| | | | 155 | 03 | | | 16 | 3.38% | | | 185 | 4 | |
| 1 | 24 hor 00 min | 201 | 0.1 | 3.9 | 4.38% | 210 | 0.1 | 4.6 | 4.58% | 258 | 0.2 | 5.0 | 5.63% |
| | | | 55 | 37 | | | 85 | 99 | | | 80 | | |
| 2 | 48 hor 00 min | 279 | 0.2 | 5.1 | 6.09% | 282 | 0.2 | 5.3 | 6.15% | 345 | 0.2 | 6.5 | 7.53% |
| | | | 01 | 05 | | | 1 | 34 | | | 58 | 53 | |
| 4 | 96 hor 00 min | 79 | 0.2 | 7.0 | 7.75% | 82 | 0.2 | 7.1 | 8.7 | 63 | 0.3 | 8.7 | 8.7 |
| | | | 79 | 87 | | | 82 | 63 | | | | | |

Fuente: Creación propia

Con este ensayo se obtuvo los porcentajes de expansión, cuando estas muestras son sumergidas en agua por un tiempo de 96 horas, se puede apreciar que las muestras adicionadas al 90% de mucilago de cactus San Pedro se evidencian una expansión de: 6.09% para 55 golpes, 6.15% para 26 golpes y 7.75% para 12 golpes.

Figura 74. diagrama de Expansión



Fuente: Creación propia

Tabla 56

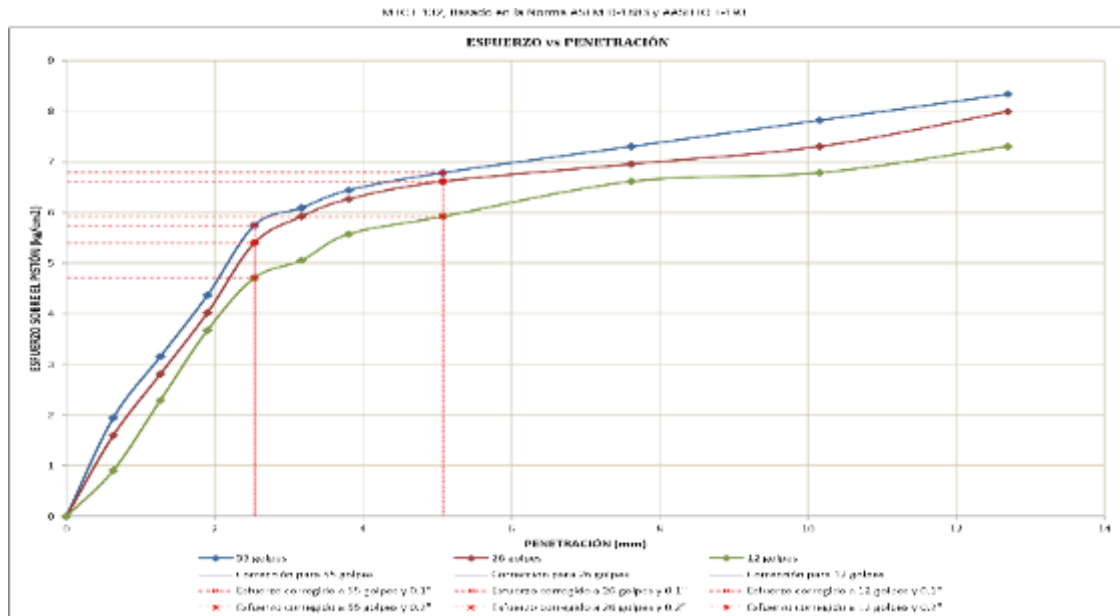
Ensayo de Penetración

| Muestra | Penetración con la Prensa CBR | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|----------|------|--------------------|---------|-------|--------|--------------------|---------|-------|--------|--------------------|---------|-------|
| | M - 01 | | | | | | M - 02 | | | | M - 03 | | | |
| | Dial | Penetra. | Dial | Fuerza | Esfuer. | CBR | Dial | Fuerza | Esfuer. | CBR | Dial | Fuerza | Esfuer. | CBR |
| Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²) | *0.001" | mm | kg | kg/cm ² | % | | kg | kg/cm ² | % | | kg | kg/cm ² | % | |
| | 0 | - | 0 | - | - | | 0 | - | - | | 0 | - | - | |
| | 25 | 0.635 | 12 | 37.72 | 1.95 | | 10 | 31.03 | 1.60 | | 6 | 17.64 | 0.91 | |
| | 50 | 1.270 | 19 | 61.15 | 3.16 | | 17 | 54.46 | 2.81 | | 14 | 44.42 | 2.29 | |
| | 75 | 1.905 | 26 | 84.57 | 4.37 | | 24 | 77.88 | 4.02 | | 22 | 71.19 | 3.68 | |
| 70.31 | 100 | 2.540 | 34 | 111.31 | 5.75 | 8.18% | 32 | 104.63 | 5.41 | 7.69% | 28 | 91.25 | 4.71 | 6.71% |
| | 125 | 3.175 | 36 | 118.00 | 6.10 | | 35 | 114.66 | 5.92 | | 30 | 97.94 | 5.06 | |
| 105.46 | 150 | 3.810 | 38 | 124.68 | 6.44 | 6.44% | 37 | 121.34 | 6.27 | 6.27% | 33 | 107.97 | 5.58 | 5.62% |
| | 200 | 5.080 | 40 | 131.37 | 6.79 | | 39 | 128.02 | 6.61 | | 35 | 114.66 | 5.92 | |
| | 300 | 7.620 | 43 | 141.39 | 7.31 | | 41 | 134.71 | 6.96 | | 39 | 128.02 | 6.61 | |
| | 400 | 10.160 | 46 | 151.41 | 7.82 | | 43 | 141.39 | 7.31 | | 40 | 131.37 | 6.79 | |
| | 500 | 12.700 | 49 | 161.43 | 8.34 | | 47 | 154.75 | 8.00 | | 43 | 141.39 | 7.31 | |

Fuente: Elaboración propia

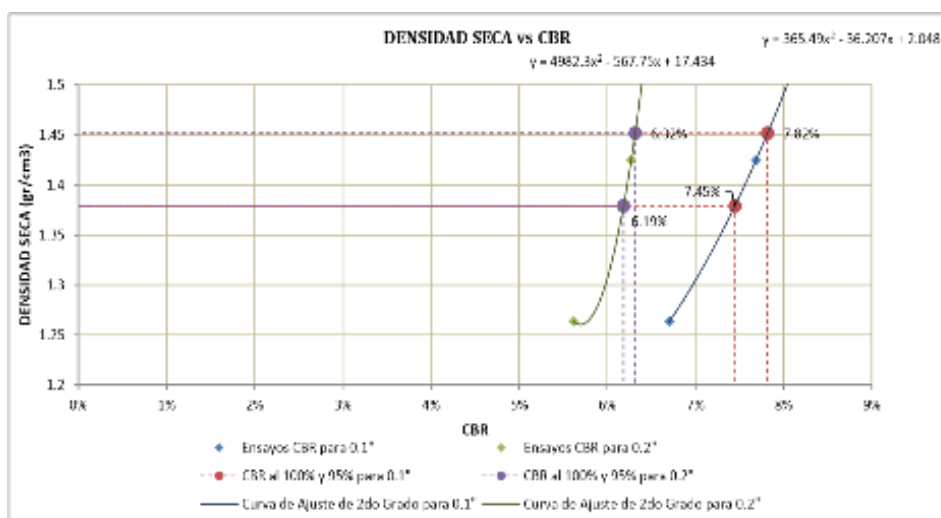
Se realizó la prueba de penetración para determinar la resistencia del suelo, al estar sometido a compresión, con estos resultados se realizará el diagrama de esfuerzo vs penetración para obtener el valor del CBR.

Figura 75 Diagrama Esfuerzo vs Penetración



Fuente: Creación propia

Figura 76 *Figura Densidad seca vs CBR*



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|-------------------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 55 | 0.10% | 6.44% | 1.53 gr/cm ³ |
| 26 | 7.69% | 6.27% | 1.42 gr/cm ³ |
| 12 | 6.71% | 5.62% | 1.26 gr/cm ³ |

Fuente: Creación propia

Tabla 57

Resultados (CBR) Adicionado al 90% de Mucilago de Cactus San Pedro

| | | |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| MDS (gr/cm ³) | 1.545 | |
| 95% de la MDS (gr/cm ³) | 1.38 | |
| | 1" | 2" |
| CBR al 95% de la MDS | 7.45% | 6.19% |

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido del (CBR) para sub rasante de una carretera está expresado al 95% de su máxima densidad seca y a una penetración de 2.54mm (1"). Según la categorización de una subrasante del Manual de carreteras del MTC, el suelo incrementado con un 90% de mucilago de cactus San Pedro, es considerada como **Sub rasante regular**, según el valor obtenido del **CBR de 7.45%**.

Resumen de Resultados

Análisis granulométrico

Calicata 01

Tabla 58

Resumen del Ensayo de Granulometría Calicata 01

| MALLA | DIÁMETRO DE LA MALLA (mm) | PESO DEL RETENIDO EN LA MALLA (gr) | PORCENTAJE (%) RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE (%) RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE(%) RETENIDO CORREGIDO | PORCENTAJE (%) RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE(%) QUE PASA |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 4" | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3" | 75 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2" | 50 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1½" | 37.5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1" | 25 | - | - | - | - | - | - | - |
| ¾" | 19 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 4 | 4.75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 10 | 2 | 0.54 | 13.64% | 0.25% | 13.88% | 0.08% | 0.08% | 99.92% |
| Nº 20 | 0.850 | 0.79 | 19.95% | 0.36% | 20.31% | 0.11% | 0.19% | 99.81% |
| Nº 40 | 0.425 | 0.44 | 11.11% | 0.20% | 11.31% | 0.06% | 0.25% | 99.75% |
| Nº 60 | 0.250 | 0.33 | 8.33% | 0.15% | 8.48% | 0.05% | 0.30% | 99.70% |
| Nº 140 | 0.106 | 1.05 | 26.52% | 0.48% | 26.99% | 0.15% | 0.45% | 99.55% |
| Nº 200 | 0.075 | 0.65 | 16.41% | 0.30% | 16.71% | 0.09% | 0.55% | 99.45% |
| Cazuela | - | 0.09 | 2.27% | 0.04% | 2.31% | 0.01% | 0.56% | - |
| Lavado | - | 704.29 | - | - | - | 99.44% | 100.00% | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 3.89 | 98.23% | 1.77% | 100.00% | 0.56% | | |
| Total | | 708.18 | %Error = 1.77% Ok! | | | 100.00% | | |

Fuente: Creación propia

En esta tabla se muestra que el suelo de la calicata 01 de la carretera de Huilcarpay del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco está compuesto por un 0.55% de arena que pasa por la malla N°4 y retenido en la malla N°200.y un 99. 45% de suelos fino que pasa por la malla N°200.

Tabla 59

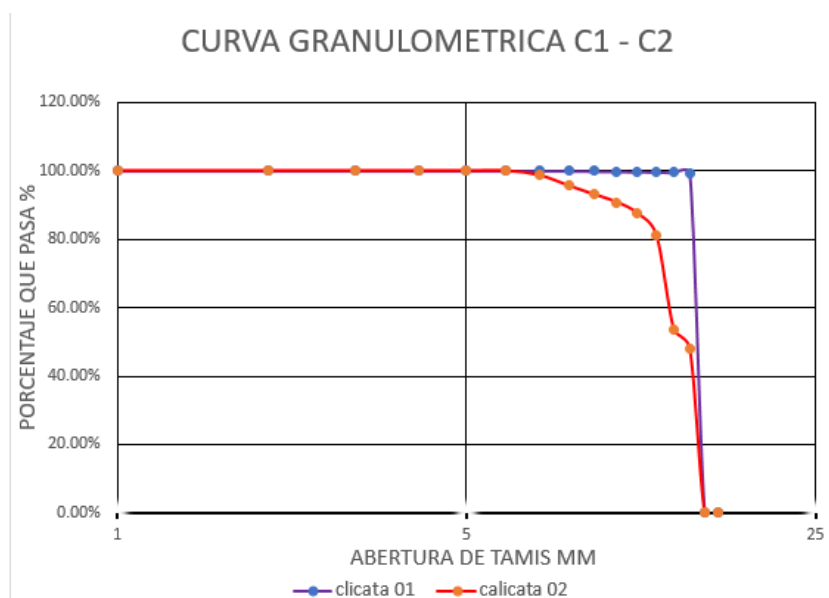
Resumen del Ensayo de Granulometría Calicata 02

| MALLA | DIAMETRO DE MALLA (MM) | PESO RETENIDO EN LA MALLA (GR) | PORCENTAJE (%) RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE (%) RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | PORCENTAJE (%) RETENIDO CORREGIDO | PORCENTAJE (%) RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE (%) QUE PASA |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 4" | 100 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3" | 75 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2" | 50 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1½" | 37.5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1" | 25 | - | - | - | - | - | - | - |
| ¾" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 13.15 | 2.53% | 0.00% | 2.54% | 1.33% | 1.33% | 98.67% |
| Nº 4 | 4.75 | 29.76 | 5.73% | 0.00% | 5.74% | 3.01% | 4.35% | 95.65% |
| Nº 10 | 2 | 25.42 | 4.90% | 0.00% | 4.90% | 2.57% | 6.92% | 93.08% |
| Nº 20 | 0.850 | 22.13 | 4.26% | 0.00% | 4.27% | 2.24% | 9.16% | 90.84% |
| Nº 40 | 0.425 | 32.30 | 6.22% | 0.01% | 6.23% | 3.27% | 12.43% | 87.57% |
| Nº 60 | 0.250 | 62.54 | 12.05% | 0.01% | 12.06% | 6.33% | 18.76% | 81.24% |
| Nº 140 | 0.106 | 271.20 | 52.24% | 0.04% | 52.28% | 27.46% | 46.23% | 53.77% |
| Nº 200 | 0.075 | 56.88 | 10.96% | 0.01% | 10.97% | 5.76% | 51.99% | 48.01% |
| Cazuela Lavado | - | 5.33 | 1.03% | 0.00% | 1.03% | 0.54% | 52.53% | - |
| Lavado | - | 469.17 | - | - | - | 47.47% | 100.00% | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 518.71 | 99.92% | 0.08% | 100.00% | 52.53% | | |
| Total | | 987.88 | %Error = 0.08% Ok! | | | 100.00% | | |

Fuente: Creación propia

En la tabla se muestra que el suelo de la calicata 02 de la carretera de Huilcarpay del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco está compuesto por un 4.35% de grava retenido en la malla N°4, un 47.64% de arena que pasa, por el malla N°4 y es retenido en la malla N°200, y un 48.01% de fino que pasa por en la malla N°200.

Figura 77 Curva granulométrica C1- C2



Fuente: Creación propia

Análisis límites de consistencia

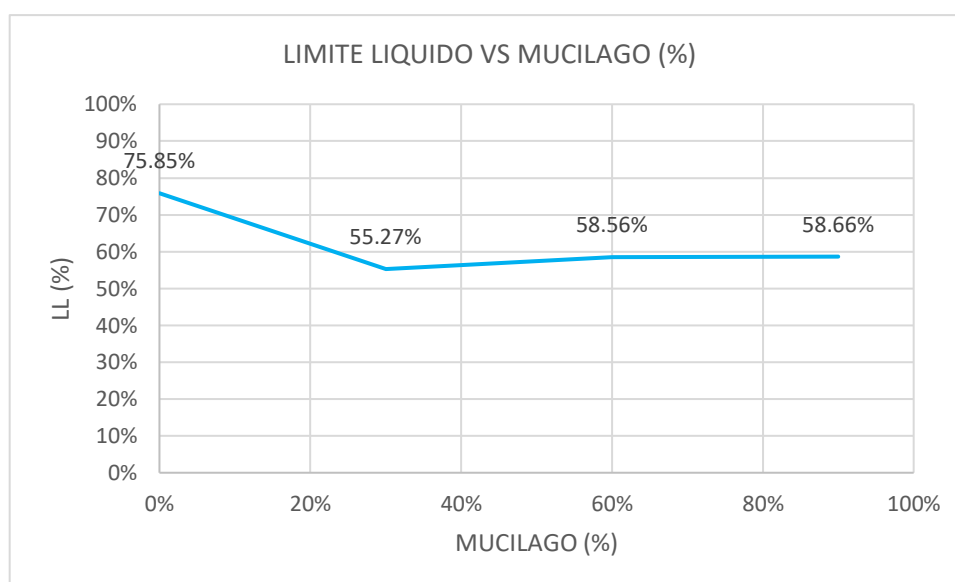
Tabla 60

Resumen y Análisis de los Límites de plasticidad

| Muestra | LL | LP | IP |
|--|--------|--------|--------|
| Muestra 1 al 0% de mucilago de cactus San Pedro | 75.85% | 39.80% | 36.05% |
| Muestra 1 al 30% de mucilago de cactus San Pedro | 55.27% | 27.43% | 27.84% |
| Muestra 1 al 60% de mucilago de cactus San Pedro | 58.56% | 29.71% | 28.84% |
| Muestra 1 al 90% de mucilago de cactus San Pedro | 58.66% | 27.79% | 30.87% |

Fuente: Creación propia

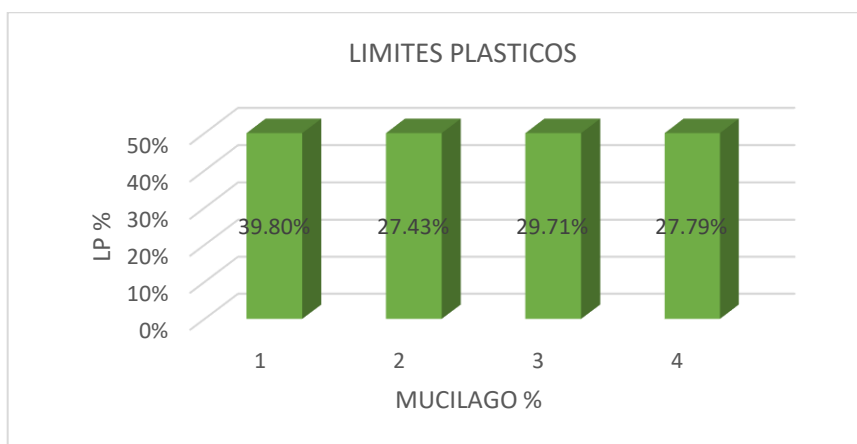
Figura 78 Resumen Limite Liquido LL



Fuente: Creación propia

En el esquema superior se aprecia los resultados del límite líquido. El LL obtenido en la muestra natural al 0% de mucilago de cactus San Pedro es de 75.85%, al adicionar un 30% de mucilago de cactus san pedro, disminuye un 20.58%, con respecto a la muestra natural , al adicionar un 60% de mucilago de cactus san pedro, disminuye un 17.29%, con respecto a la muestra natural y al adicionar un 90% de mucilago de cactus San Pedro, disminuye un 17.19%, con respecto a la muestra natural , esto quiere decir que al adicionar el mucilago de cactus San Pedro en los 3 porcentajes disminuye su límite líquido.

Figura 79 Resumen Limite plástico LP

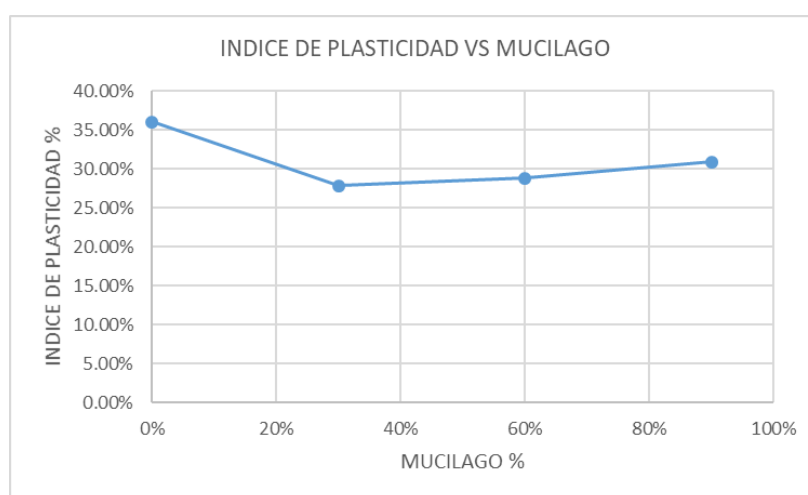


Fuente: Creación propia

En la figura anterior se aprecian los resultados del límite plástico, obtenido con las diferentes dosificaciones en el suelo. donde se obtuvo resultados al 0% de mucilago de cactus San Pedro es de 39.80%, al adicionar un 30% de mucilago de cactus San Pedro, disminuye en un 12.37% con respecto a la muestra natural, al adicionar un 60% de mucilago de cactus San Pedro esta disminuye un 10.09% con respecto a la muestra natural y al adicionar un 90% de mucilago de cactus San Pedro, esta disminuye un 12.01% con respecto a la muestra natural, esto quiere decir que al adicionar el mucilago de cactus San Pedro en los 3 porcentajes, disminuye su límite plástico.

Índice de plasticidad

Figura 80 Resumen Índice de Plasticidad



Fuente: Creación propia

los resultados del índice de plasticidad obtenido en la muestra natural al 0% de mucilago de cactus San Pedro es de 36.05%, al adicionar un 30% de mucilago de cactus San Pedro, disminuye en un 8.21% con respecto a la muestra natural , al adicionar un 60% de mucilago de cactus San Pedro esta disminuye un 7.21% con respecto a la muestra natural y al adicionar un 90% de mucilago de cactus San Pedro, esta disminuye un 5.18% con respecto a la muestra natural ,esto quiere decir que al adicionar el mucilago de cactus San Pedro en los 3 porcentajes ,disminuye su índice de plasticidad.

Análisis de Proctor modificado (MDS y CHO)

Optimo contenido de humedad

Tabla 61

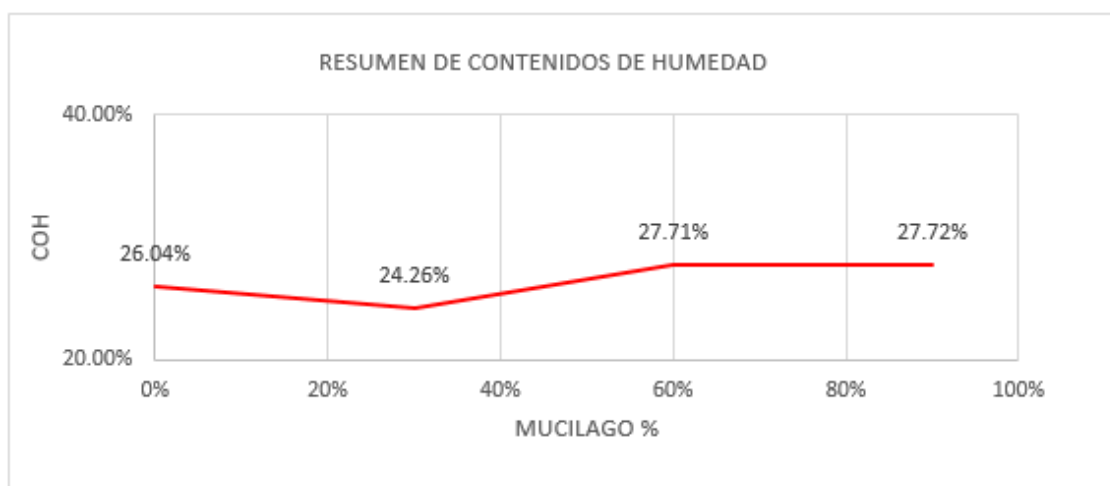
Resumen de Ensayos de Proctor Modificado MDS – COH

| Muestra | Optimo Contenido De Humedad | Máxima Densidad Seca |
|--|------------------------------------|-----------------------------|
| Muestra 1 al 0% de mucilago de cactus San Pedro | 26.04 % | 1.55 gr/cm ³ |
| Muestra 1 al 30% de mucilago de cactus San Pedro | 24.26 % | 1.47 gr/cm ³ |
| Muestra 1 al 60% de mucilago de cactus San Pedro | 27.71 % | 1.54 gr/cm ³ |
| Muestra 1 al 90% de mucilago de cactus San Pedro | 27.72 % | 1.45 gr/cm ³ |

Fuente: Creación propia

Optimo contenido de humedad(CHO)

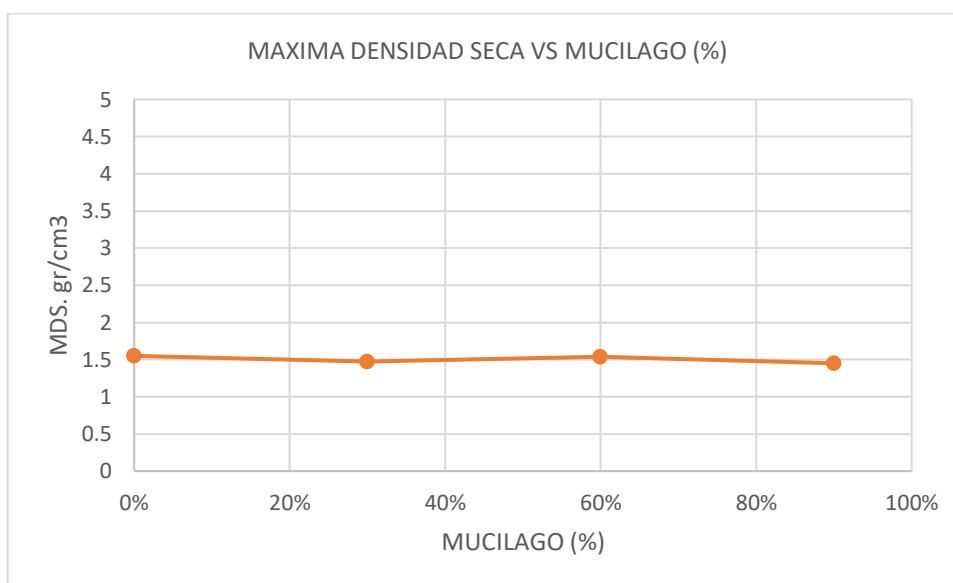
Figura 81 *Resumen Optimo contenido de Humedad vs Mucilago*



Fuente: Creación propia

En el esquema superior se aprecia, los resultados del óptimo contenido de humedad con las diferentes dosificaciones de mucilago de cactus San Pedro. El resultado obtenido del COH de la muestra natural al 0% de mucilago de cactus San Pedro es de 26.04 %; al incrementar el 30% de aditivo de mucilago de cactus San Pedro, el COH disminuye a 24.26 %; al incrementar el 60% de aditivo de mucilago de cactus San Pedro el COH aumento a 27.71 % y al incrementar el 90% de aditivo de mucilago de cactus San Pedro el COH aumento en 27.72 %. Esto quiere decir que al adicionar un 30% su COH disminuye un 1.78% con respecto a la COH de la muestra natural al 60 % y 90% de mucilago aumenta su COH con respecto a la muestra natural.

Figura 82. Máxima Densidad Seca (gr/cm³) vs Mucilago (%)



Fuente: Creación propia

En el esquema superior se aprecia los resultados de la Máxima densidad Seca, obtenido en la muestra natural al 0% de mucilago de cactus San Pedro es de 1.55 gr/cm³; al adicionar un 30% de mucilago de cactus San Pedro, disminuye en un 0.08 gr/cm³ con respecto a la muestra natural ; al adicionar un 60% de mucilago de cactus san pedro esta disminuye un 0.01 gr/cm³ con respecto a la muestra natural y al adicionar un 90% de mucilago de cactus San Pedro, esta disminuye a 1.45 gr/cm³ con respecto a la muestra natural, esto quiere decir que al adicionar el mucilago de cactus San Pedro en los 3 porcentajes ,disminuye su máxima densidad seca.

Análisis de expansión

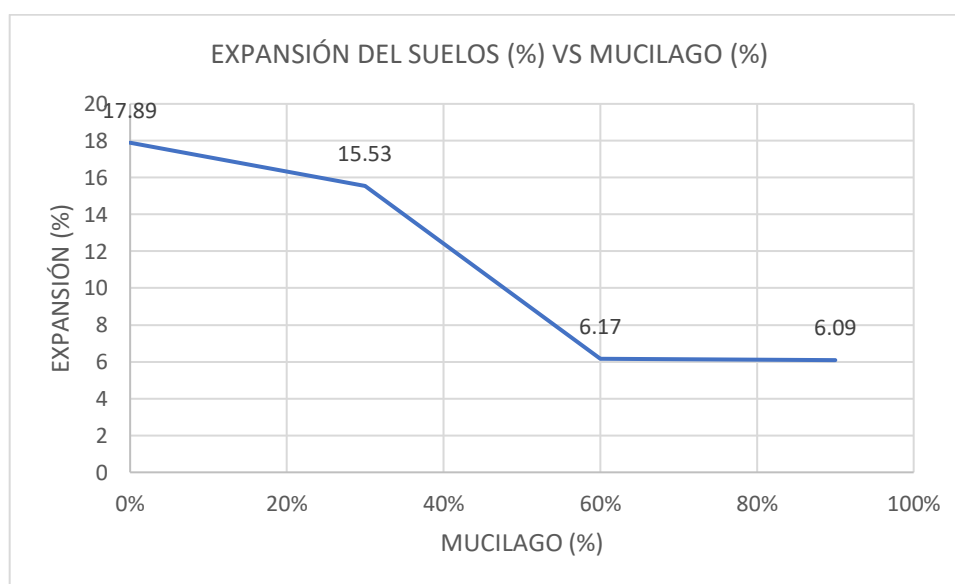
Tabla 62

Resumen de Ensayos de Expansión

| Muestra | Expansión (%) |
|--|---|
| Muestra 1 al 0% de mucilago de cactus San Pedro | 17.89 - 56 golpes 22.34 – 26 golpes 25.74 – 12 golpes |
| Muestra 2 al 30% de mucilago de cactus San Pedro | 15.53 - 56 golpes 17.91 – 26 golpes 20.77 – 12 golpes |
| Muestra 3 al 60% de mucilago de cactus San Pedro | 6.17 - 56 golpes 6.35 – 26 golpes 7.11 – 12 golpes |
| Muestra 4 al 90% de mucilago de cactus San Pedro | 6.09 - 56 golpes 6.15 – 26 golpes 7.53 – 12 golpes |

Fuente: Creación

Figura 83 Expansión de Suelos vs Mucilago



Fuente: Creación propia

En el esquema superior se puede ver los resultados de la muestra de expansión con mucilago de cactus San Pedro en diferentes porcentajes. Se puede apreciar que a medida que se incrementa la goma o (mucilago) el volumen de expansión disminuye, lo que significa que a mayor cantidad de mucilago presenta menos expansión.

Relación de soporte California (CBR) al 95% de la MDS

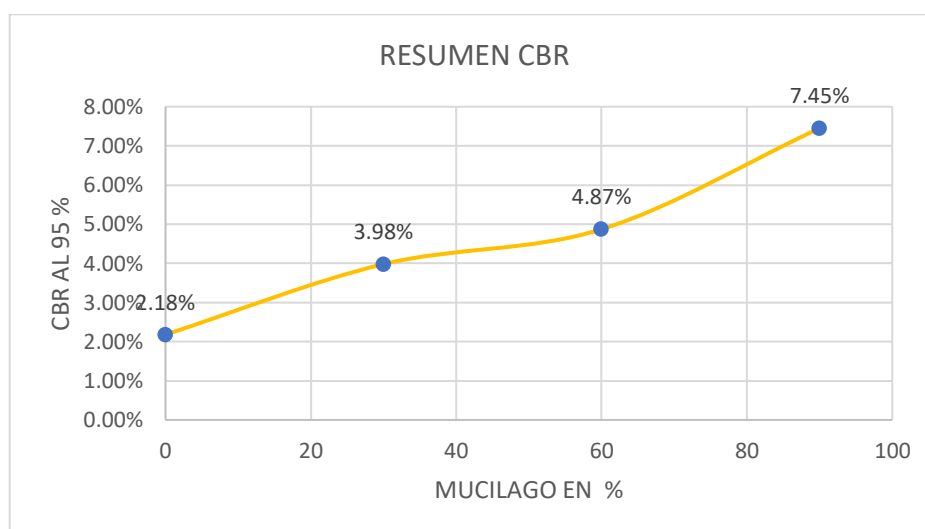
Tabla 63

Resumen de Ensayos CBR

| Muestra | CBR AL 95% MDS |
|--|----------------|
| Muestra 1 al 0% de mucilago de cactus San Pedro | 2.18% |
| Muestra 2 al 30% de mucilago de cactus San Pedro | 3.98% |
| Muestra 3 al 60% de mucilago de cactus San Pedro | 4.87% |
| Muestra 4 al 90% de mucilago de cactus San Pedro | 7.45% |

Fuente: Creación propia

Figura 84 Resumen CBR vs Mucilago



Fuente: Creación propia

En la gráfica superior se aprecia los resultados del CBR las sus distintas dosificaciones con mucilago de cactus San Pedro. El resultado CBR en la muestra natural al 0% de mucilago de cactus san pedro es de 2.18%, al adicionar el 30% de mucilago de cactus San Pedro esta incrementa a 3.98%, al adicionar el 60% de mucilago de cactus San Pedro esta aumenta a 4.85% y al adicionar el 90% de mucilago de cactus San Pedro esta aumenta a 7.45%. Esto quiere decir que a mayor porcentaje de mucilago su CBR del suelo aumenta.

Resumen general de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la carretera Huilcarpay adicionado con mucílago de cactus San Pedro

Tabla 64

Resumen General de Ensayos de Mecánica de Suelos

| | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|------------------------------------|--|---|---|---|
| | SUELO AL 0% DE MUCILAGO DE CACTUS | SUELO AL 30% DE MUCILAGO DE CACTUS | SUELO AL 60% DE MUCILAGO DE CACTUS | SUELO AL 90% DE MUCILAGO DE CACTUS |
| GRANULOMETRIA | % de grava (Retiene malla N° 4) = 0.00%, % de arena (Pasa N° 4 y Retenida N° 200) = 0.55%, % de finos (Pasa malla N° 200) = 99.45% | | | |
| LL | 75.85% | 55.27% | 58.56% | 58.66% |
| LP | 39.80% | 27.43% | 29.71% | 27.79% |
| IP | 36.05% | 27.84% | 28.84% | 30.87% |
| CLASIFICACION SUCS | MH = Limo elástico | CH = Arcilla densa de alta plasticidad | CH = Arcilla densa de alta plasticidad | CH = Arcilla densa de alta plasticidad |
| CLASIFICACION AASHTO | A-7-5 (20) = Las arcillas y limos más plásticos | A-7-6 (18) = Las arcillas y limos más plásticos | A-7-6 (19) = Las arcillas y limos más plásticos | A-7-6 (20) = Las arcillas y limos más plásticos |
| MAXIMA DENSIDAD SECA | 1.55 gr/cm ³ | 1.47 gr/cm ³ | 1.54 gr/cm ³ | 1.45 gr/cm ³ |
| OPTIMO CONTENISO DE HUMEDAD | 26.04% | 24.26% | 27.71% | 27.72% |
| EXPANCIION | 17.89%- 55GP 22.34%- 26GP 25.74%- 12GP | 15.53%- 55GP 17.91%- 26GP 20.77%- 12GP | 6.17%- 55GP 6.35%- 26GP 7.11%- 12GP | 6.09%- 55GP 6.15%- 26GP 7.53%- 12GP |
| CBR | 2.18% | 3.98% | 4.84% | 7.45% |

Fuente: Creación propia

En la tabla de resumen se presentan los efectos que causa la adición de mucílago del cactus san pedro en distintos porcentajes, en la carretera Huilcarpay del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco. Se aprecia la disminución del valor del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, máxima densidad seca y una considerable disminución en su expansión en relación al suelo natural del suelo. También se evidencia el incremento de óptimo contenido de humedad y CBR. La

dosificación al 90% de adición de mucilago de cactus San Pedro presento mejores resultados de 7.45% de CBR según el Manual de carreteras este resultado obtenido es regularmente **apto para ser utilizado como sub rasante de carretera.**

Tabla 65

Categorización de la Subrasante Según la Norma CE.010 y MTC

| Muestra | Categoría Sub-Rasante Según la Norma Ce.010 Pavimentos Urbanos | Categoría Sub-Rasante Según Manual de Carreteras-Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos |
|----------------------|--|---|
| M-01 | Sub -Rasante Pobre | Sub -Rasante Inadecuado |
| M-01 MUCILAGO AL 30% | Sub -Rasante Regular | Sub -Rasante Pobre |
| M-02 MUCILAGO AL 60% | Sub -Rasante Regular | Sub -Rasante Pobre |
| M-03 MUCILAGO AL 90% | Sub -Rasante Regular | Sub -Rasante Regular |

Fuente: Creación propia

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a la adición del mucilago de cactus San Pedro en sus distintas dosificaciones se modifican las características físicas y mecánicas del suelo, donde se evidencia la disminución del índice de plasticidad, con respecto al suelo natural, que es 36.05%, y al adicionar mucilago de cactus San Pedro esta disminuye sustancialmente en sus tres proporciones mejorando su índice de plasticidad (IP). Al adicionar 30% su, IP = 27.84%; al 60%, IP = 28.84%; y al 90%, IP = 30.84%. Según los resultados arrojados por Mendizábal en su investigación cuyo objetivo es conocer los efectos en la subrasante con el incremento del mucilago de penca de tuna para la estabilización del suelo arcilloso, en el Jirón La Unión, Chilca, Huancayo, 2018. Donde al adicionar mucilago de penca tuna en sus tres dosificaciones (25%, 50% y 75%) mejora su índice de plasticidad, en el cual se demuestra que estos aditivos naturales como (mucilago de cactus San Pedro y mucilago de penca de tuna) mejoran el índice de plasticidad.

Con la adición del mucilago de cactus San Pedro se modificaron las propiedades físicas y mecánicas de la máxima densidad seca del suelo, en sus distintas dosificaciones. Se puede evidenciar que estas no presentan variaciones significativas con respecto a la MDS del suelo natural, donde el valor obtenido es de 1.55 gr/cm³; al adicionar mucilago al 30% su MDS es 1.47 gr/cm³; al 60% de mucilago su MDS es de 1.54 gr/cm³ y al adicionar 90% de mucilago su MDS es de 1.45 gr/cm³. Esto demuestra que la variación no es significativa. De la misma forma los resultados obtenidos por Mendizábal en su estudio de investigación adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, chilca Huancayo 2018, donde al incorporar mucilago de penca tuna en sus 3 dosificaciones (25%, 50% y 75%) mejora, pero no es tan significativa, lo cual significa que ambos aditivos naturales mantienen su MDS con respecto al valor inicial.

El agregado de mucilago de cactus San Pedro modifica las características físicas y mecánicas en cuanto al CBR del suelo, en sus distintas dosificaciones. Se puede evidenciar que estas mejoran progresivamente con respecto a la CBR del suelo natural, donde el valor obtenido es de 2.18 %, al adicionar mucilago al 30% su CBR es 3.98%; al 60% de mucilago su CBR es de 4.84% y al adicionar 90% de mucilago su CBR es de 7.45 %. Esto demuestra que mayor adición de mucilago su CBR incrementa. La dosificación que presenta mejor comportamiento es con la adición de 90 % de mucilago de cactus San Pedro, el manual MTC de carreteras suelos y

pavimentos determina este suelo como subrasante regular, por lo tanto, la hipótesis planteada fue demostrada. De la misma forma los resultados obtenidos por Mendizábal en su investigación fue conocer los efectos en la sub rasante al incorporar mucílago de penca de tuna para la estabilización del suelo arcilloso, en el Jirón La Unión, Chilca, Huancayo, 2018 donde al adicionar mucílago de penca tuna en sus tres porcentajes (25%, 50% y 75%) mejora, su CBR progresivamente, queda demostrado que estos aditivos naturales como son: mucílago de cactus San Pedro y mucílago de penca de tuna mejoran sustancialmente el CBR de los suelos arcillosos, esto lo reafirma Figueroa en su investigación que tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación del Mucílago de la penca de tuna para el mejoramiento de las características de los suelos blandos en el distrito de Lurín, donde su CBR del suelo mejora al adicionar mucílago de penca de tuna en sus tres porcentajes (30%, 45%, y 70%). De la misma forma Nieto & Tello en su investigación tiene como objetivo, elaborar una unidad de albañilería de abobe, mejorado con mucílago de penca de tuna con el fin de alargar la vida útil de las construcciones populares donde al adicionar mayor cantidad de mucílago de penca de tuna presentan mejores resultados en cuanto a la resistencia a la compresión. Esto mismo reafirma Quintana & Vera cuyo objetivo de su investigación fue conocer la erosión y la resistencia a compresión de la unidad de albañilería (Adobes) reemplazando de forma parcial o total de agua por mucílago de tuna en dosificaciones del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Donde la resistencia a la compresión del adobe mejora conforme se incrementa la cantidad de mucílago de penca de tuna.

Al adicionar mucílago de cactus San Pedro se modifican las propiedades físicas y mecánicas de la expansión del suelo, en sus distintas dosificaciones. Se puede evidencia una mayor disminución en la expansión del suelo con respecto al suelo natural, donde el valor obtenido es de 17.89 % - 55 golpes; 22.34 % - 26 golpes y 25.74 % a los 12 golpes y al adicionar mucílago de cactus San Pedro al 30% esta disminuye a 15.53 % - 55 golpes; 17.91 % - 26 golpes y 20.77 % a los 12 golpes, al adicionar mucílago al 60% esta disminuye a 6.17 % - 55 golpes; 6.35 % - 26 golpes y 7.11 % a los 12 golpes y al adicionar 90 % de mucílago esta disminuye a 6.09 % - 55 golpes; 6.15 % - 26 golpes y 7.53 % a los 12 golpes. Esto demuestra que a mayor porcentaje de mucílago de cactus san pedro, la expansión disminuye

significativamente. De la misma forma el resultado obtenido por Mendizábal en su investigación cuyo objetivo fue evaluar los efectos en la subrasante con la incorporación del mucílago de penca de tuna para la estabilización del suelo arcilloso, en el Jirón La Unión, Chilca, Huancayo, 2018. Donde su expansión disminuye al adicionar mucilago de penca tuna en sus tres porcentajes (25%, 50% y 75%) con respecto al número de golpes, queda demostrado que ambos aditivos naturales (mucilago de cactus San Pedro y mucilago de penca de tuna) que a mayor adición de mucilago disminuye su expansión favorablemente.

VI. CONCLUSIONES

La investigación realizada llegó a las siguientes conclusiones:

1.- Las propiedades físicas y mecánicas observadas en el suelo de la carretera Huilcarpay del distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, según su clasificación determinados en laboratorio de suelos, según SUCS es un MH (limos elásticos) y según AASHTO es A – 7 – 5 (20) (arcilla y limos más plásticos) es suelo insuficiente, según MTC. Por esto se concluye que no son idóneos para utilizar como subrasante de carretera.

2.- En cuanto a la máxima densidad seca: muestra al 0% MDS = 1.55gr/cm³; al 30% de MCSP MDS =1.47gr/cm³; al 60% de MCSP MDS =1.54gr/cm³; al 90% de MCSP MDS =1.45gr/cm³.

Las propiedades físicas y mecánicas del suelo con el incremento de mucilago de cactus San Pedro, no mejora la máxima densidad seca en sus tres dosificaciones por lo tanto la hipótesis de la máxima densidad seca no ha sido demostrada.

3.- En cuanto a los límites de consistencia: muestra al 0% IP = 36.05%; al 30% de MCSP IP = 27.84%; al 60% de MCSP IP = 28.84%; al 90% de MCSP IP =30.87%. El incremento de mucilago de cactus San Pedro en sus tres porcentajes (30%, 60% y 90%) mejoran las características físicas y mecánicas de los límites de consistencia (LL, LP y su IP) por tanto la hipótesis de los límites de consistencia queda demostrada.

4.- En cuanto a la capacidad de soporte CBR: muestra al 0% CBR = 2.18%; al 30% de MCSP CBR = 3.98%; al 60% de MCSP CBR = 4.84%; al 90% de MCSP CBR =7.45%.

La dosificación del mucilago de cactus San Pedro, en todas sus dosificaciones (30%, 60% y 90%) aumentan el CBR progresivamente por tanto se pudo determinar que a mayor cantidad de mucilago de cactus San Pedro mayor es su CBR, en la dosificación al 90% presento mejor comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo obteniendo un CBR de 7.45 % que de acuerdo al MTC es una subrasante regular aceptable, para ser utilizado como subrasante de una carretera por la tanto la hipótesis del CBR queda demostrado.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda en cuanto al proceso de extracción del mucilago de Cactus San Pedro utilizar métodos y técnicas que ayuden obtener el mucilago lo más puro posible, ya que observa que el mucilago a mayor pureza mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
- 2.- Se recomienda trabajar con arcillas de, alta plasticidad y limos para observar la variación de la máxima densidad seca incorporando mucilago de cactus san pedro y mucilagos de penca de tuna.
- 3.- Se recomienda realizar el ensayo del LL y LP mezclando el mucilago procesado en polvo para lograr resultados más precisos.
- 4.- Se recomienda hacer un comparativo entre el mucilago de cactus san pedro y mucilago de penca de tuna con un mismo tipo de suelo para conocer cuál de estos presentan mejores resultados en el ensayo CBR.

REFERENCIAS

- Ramos, J. D., & Gómez, V. J. P. L. (2019). *Estabilización De Suelo Mediante Aditivos Alternativos*. Universidad Católica de Colombia.
- Castro Gonzales, M., Pereyra, A., & Navarro, D. J. (2019). *Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico*. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- Firoozi, A. A., Guney Olgun, C., Firoozi, A. A., & Baghini, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>
- Amín Esmaeil Ramaji. 2012 A Review on the Soil Stabilization Using Low-Cost Methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(4): 2193-2196, 2012 ISSN 1819-544X This is a refereed journal and all articles are professionally screened and reviewed
- Junco del Pino, Juan M. Estabilización de Suelos mediante el empleo de Sales Cuaternarias *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 4, núm. 3, diciembre, 2010 Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas Matanzas, Cuba
- Silva, V. M., R., U. C. G., & Cascante, A. V. (2020). Determinación del uso del mucilago de nopal en la construcción de la época colonial (caso convento de San Diego). *Project, Design and Management*.
- Mendizábal Hobispo, K. (2018). *Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, chilca*. Universidad Peruana de los Andes.
- Figuroa, J. A. B. (2020). *Aplicación de Mucilago de Penca de Tuna, para mejorar las propiedades de suelos blandos, en el distrito de Lurín, Lima*. Universidad cesar vallejo.
- Nieto Palomino, L. A., & Tello Pérez, E. F. (2019). *Adobe Estabilizado Con Mucílago De Penca De Tuna, Resistentes Al Contacto Con El Agua Para La Construcción De Viviendas Populares Empleados En La Sierra Del Perú*.

Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.

Quintana Choqueluque, D. L., & Vera Salizar, M. O. (2017). *Evaluación De La Erosión Y La Resistencia A Compresión De Adobes Con Sustitución Parcial Y Total De Agua En Peso Por Mucílago De Tuna En Porcentajes Del 0%, 25%, 50%, 75% Y 100%*. Universidad Andina del Cusco.

Benítez, A. (2017). The Use of San Pedro in Northern Peru, ". An Ethnohistorical Approach. *Textos Antropológicos*, 18(1).

Lumbreras, E. L., Ferrer-Gallego, P. P., Deltoro, V., Ferrando, I., & Ortis, D. G. (2013). *Echinopsis pachanoi* (Britton & Rose) H. Friedrich & G D. Rowley (Cactaceae) primera cita como alóctona en España. *Bouteloua*, 16, 34-35.

Llamazares, M., & Martínez, C. (2004). *El lenguaje de los dioses: main sacred plants in south america* (Editorial).

Mario, Mandujano., & Angélica, Mandujano. (2014). El cactus San Pedro ayer y hoy. Un enfoque etnobotánico. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 59, 121-135.

Díaz-Blanco, Y., Menchaca-Campos, C., Rocabrano-Valdés, C. I., & Uruchurtu-Chavarín, J. (2019). Influencia de un aditivo natural (mucílago de nopal) en las propiedades electroquímicas del acero de refuerzo del concreto. *Revista ALCONPAT*, 9(3), 260-276.

Villanueva, J. A. (2019). *Efecto De Tres Concentraciones De Mucílago De Tuna (Opuntia Ficus-Indica (L.) Miller) Y De San Pedro (Echinopsis Pachanoi (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley) En La Clarificación Del Agua*. universidad nacional de cajamarca.

Ministerio del Ambiente. (2013). El "San Pedro" o "Achuma", El género *Echinopsis*, Taxonomía, distribución y comercio Informe de la Autoridad Científica CITES Perú.

Suarez-Dominguez, E. J., Aranda-Jimenez, Y. G., Zuñiga-Leal, C., & De Leon-Ramirez, a. (2017) international journal of engineering sciences & research technology effect of the addition of cactus mucilage and fibers to samples of

poured earth.

Carod-Artal, F. J., & Vázquez-Cabrera, C. B. (2006). Mescaline And The San Pedro Cactus Ritual: Archaeological And Ethnographic Evidence In Northern Peru. *rev neurol*, 2006(42), 489–498.

Martín, A. (2011). Apuntes de Mecánica de Fluidos. In *Departamento de física e instalaciones E.T.S. Arquitectura De Madrid*.

Munson, B. R., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W., & Rothmayer, A. P. (2013). Fluid mechanics (p. 147). Singapore: Wiley.

Vázquez, E., & Rojas, T. (2016). pH: Teoría y 232 problemas. *Departamento deficiencias naturales. Universidad autónoma metropolitana Unidad Cuajimalpa. 1er edición México*, 3-152.

Fundación Nacional de salud. (2013). *Manual Práctico De Análisis De Agua, Ministerio De Salud*.

Matthew, W., David, G., Thiel, C., & Kleinheinz, G. (2020). *Sales solubles en compost y sus efectos en el suelo y las plantas: una revisión*. Ciencia y Utilización Del Compost.

Gartley, K. L. (2011). *Recommended Methods for Measuring Soluble Salts in Soils*.

Alhaji, M. M., & Sadiku, S. (2015). Stabilization of Clay Soil Using A-3 Soil. *International Journal of Geological and Environmental Engineering*, 9(10), 1272-1276.

Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Tunja*.

Hossain. (2011). Some engineering properties of stabilized clayey soils incorporating natural pozzolans and industrial wastes, *Construction and Building Materials*. [Www.Sciencedirect.Com](http://www.sciencedirect.com).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.042>

- Dallas N. Little Syam Nair, (2009) Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials. Instituto de Transporte de Texas Universidad Texas A & M College Station, Texas
- MTC. (2014). *Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos Sección Suelos Y Pavimentos.*
- Waheed, U. (2015). *Subgrade Characterization for Highway Pavement Design.* The University of Mississippi
- Ángel muelas Rodríguez(2010) manual de mecánica de suelos y cimentacion
- Kovačević, M., Jurić-Kaćunić, D., Librić, L. y Ivoš, G. (2018). Clasificación de suelos de ingeniería según EN ISO 14688-2: 2018. *Gradevinar* , 70 (10), 873-879.
- MTC, (2016).” Manual de Ensayo de Materiales.” Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima: Perú,
- Braja M. Das, (2015) fundamentos de ingeniería geotécnica. © D.R. 2015 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc. Corporativo Santa Fe
- Dávila, P. M., Rivera, E. B., & Meza, L. G. (2008). *Guía De Laboratorio De Geotecnia. Universidad De Santiago De Chile.*
- Martinez, J., & Casas, N. (2011). *Correlación P.D.C. Con C.B.R. Para Suelos En La Localidad De Suba.* Universidad Militar Nueva Granada Facultad De Ingeniería.
- Duque, J., Fuentes, W., Rey, S., & Molina, E. (2020). Effect of grain size distribution on california bearing ratio (CBR) and modified proctor parameters for granular materials. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45, 8231-8239.
- Cabezas Mejía, E. D., Andrade Naranjo, D., & Torres Santamaría, J. (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. *Comisión Editorial de La Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE.*

- Arispe, A. C., Judith, Y. V., María, G. B., Oriana, R. L. D. B., Luis, A. G., & Cesar, A. S. (2020). *La Investigación Científica Una Aproximación para Los Estudios De Posgrado. Universidad Internacional De Ecuador.*
- Fidias G. Arias, (2012) El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica, Derechos reservados © 2012 Editorial episteme, C.A. Caracas - República Bolivariana de Venezuela
- Akhtar, Dr. Md Inaam, (2016) Research Design. Research in Social Science: Interdisciplinary Perspectives Deptt. of Political Science, Faculty of Social Sciences,, Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2862445> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2862445>
- Aldo Álvarez Risco (2020), Clasificación de las Investigaciones. Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas Carrera de Negocios Internacionales 2020. Universidad de Lima aralvare@ulima.edu.pe
- Ñaupas, P. H., Mejía, E. M., Ramírez, E. N., & Páucar, A. V. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (E. de la U (ed.); 4ta ed.). Ediciones de la U.
- Suhairiani, Nahesson H Panjaitan, Hamidun Batubara, Siti Zulfa Yuzni, Kinanti Wijaya(2020). Testing the Feasibility of Practical Student Worksheets Based on the Soil Testing Module Learning, dvances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 520 Proceedings of the 6th UPI International Conference on TVET 2020 (TVET 2020)
- Rafael, R. G. (2017). *Manual De Introducción A La Metodología De La Investigación Científica.*
- Hernández Sampieri Roberto, (2014) Metodología De La Investigación Derechos Reservados © 2014, Respecto A La Sexta Edición Por Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. De C.V.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Mapa referencial.*
- <https://es-pe.topographic-map.com/maps/61bk/Per%C3%BA/>

Melendez Leon, Carlos Willians, (2017) Evaluación De La Aplicación De Los
Métodos A, B Y C Del Ensayo Proctor

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| “Efecto del Mucilago de Cactus San Pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , en estabilización de suelos, caso: carretera Huilcarpay, 2021” | | | | | |
| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPOTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES |
| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPOTESIS GENERAL | V. INDEPENDIENTE | Dosificación de mucilago de cactus san pedro. | Adición al 0% Adición al 30% Adición al 60% Adición al 90% |
| ¿Cómo influye la adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , en estabilización de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? | Evaluar en qué medida, la adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , estabiliza los suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay. | La adición de mucilago de cactus san pedro estabiliza los suelos, para subrasante en la carretera Huilcarpay. | Efecto de mucilago de cactus san pedro. | | |
| PROBLEMA ESPECIFICO | OBJETIVO ESPECIFICO | HIPOTESIS ESPECIFICO | V. DEPENDIENTE | Propiedades físicas y mecánicas | Granulometría Máxima densidad seca Límites de consistencia, Capacidad de soporte (CBR) |
| ¿En qué medida la adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , mejora la máxima densidad seca de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? | Determinar la máxima densidad seca al adicionar mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , en la subrasante de carrera Huilcarpay | La adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , mejora significativamente la máximas densidad seca de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay. | | | |
| ¿En qué medida la adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , mejora los Límites de consistencia, de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? | Determinar los Límites de consistencia, al adicionar mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , en la subrasante de carrera Huilcarpay | La adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , mejora significativamente los Límites de consistencia, de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay. | Estabilización de suelo caso: carretera | | |
| ¿En qué medida la adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , mejora la Capacidad de soporte(CBR) de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay? | Determinar la Capacidad de soporte(CBR), al adicionar mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , en la subrasante de carrera Huilcarpay | La adición de mucilago de cactus san pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , mejora significativamente la Capacidad de soporte (CBR) de suelos, para subrasante caso: carretera Huilcarpay. | | | |

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

| MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------------|---|--|--------------------|
| “Efecto del Mucilago de Cactus San Pedro <i>Echinopsis pachanoi</i> , en estabilización de suelos para subrasante, caso: carretera Huilcarpay, 2021” | | | | | | |
| VARIABLE DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS | ESCALA DE MEDICIÓN |
| V. independiente mucilago de cactus san pedro. | El cactus “San Pedro” de nombre científico <i>Echinopsis Pachanoi</i> , procedente de tierras ecuatorianas y de la costa norte del Perú. Benítez, 2017 Utilizado por los antiguos peruanos en la preparación de argamasa (mezcla de varios materiales), que actúa como un aglutinante que al secarse adquiere una constitución muy dura, que permite el incremento de la resistencia mecánica, pero también tiene efecto sobre la trabajabilidad de la mezcla fresca de mortero y fue utilizado para la construcción de antiguas viviendas ministerio del ambiente (2013) | El manejo del aditivo natural mucilago de cactus san pedro que es extraído luego de 7 a 18 días después de haber reposado en agua, en una proporción 1-2, serán incorporados en la subrasante de la carretera de Huilcarpay en proporciones al 0%, 30%, 60%, y 90% para conocer los efectos que ocurren en las propiedades mecánicas y físicas de suelos finos | mucilago de cactus san pedro. | Adición al 0% Adición al 30% Adición al 60% Adición al 90% | Ficha recopilación de datos y (dosificación) | Razón |

| | | | | | | |
|---|--|---|---|--|--|--------------|
| <p>V. dependiente</p> <p>Estabilización de subrasante de carretera</p> | <p>La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación. MTC 2014.</p> | <p>En la carretera de Huilcarpay se realizarán 2 calcatas para la extracción de muestras de suelo para luego en laboratorio de mecánica de suelos dosificarlos con mucilago de cactus san pedro en porcentajes. se realizarán los ensayos de máxima densidad seca. Límites de consistencia y CBR.</p> | <p>Granulometría</p> <p>Máxima densidad seca</p> <p>Límites de consistencia</p> <p>Capacidad de soporte CBR</p> | <p>Humedad optima</p> <p>Limite liquido Limite plástico Índice de plasticidad</p> <p>CBR (100% 0.1") CBR (95% 0.1"</p> | <p>Normas:</p> <p>ASTM D-2216 Y MTC E-108 MTC E-110, ASTM D-4318, AASHTO T-89 ASTM D-422, AASHTO T-88 y MTC E-107 MTC E-115 y ASTM D-1557, AASHTO T-180. MTC E-132, ASTM D-1883 Y AASHTO T-193</p> | <p>Razón</p> |
|---|--|---|---|--|--|--------------|

ANEXO 3: TABLAS DIGITADAS DE LOS DIFERENTES ENSAYOS DE LABORATORIO

Tabla1

Clasificación de Suelos Según tamaño de Partícula

| Tipo de Material | Tamaño de las partículas |
|------------------|---|
| Grava | 75 mm - 4.75 mm |
| Arena | Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm 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, 2014)

Tabla2

Clasificación de suelos Según Índice de Plasticidad(IP)

| Índice de plasticidad | Plasticidad | Características |
|-----------------------|------------------|--|
| IP > 20 | Alta | suelos más arcillosos |
| IP ≤ 21 | Media | suelos arcillosos |
| IP > 7 | Baja | suelos poco arcillosos |
| IP > 22 | No Plástico (NP) | plasticidad suelos exentos de arcilla |
| IP =23 | | |

Fuente: MTC 2014

Tabla3

Categorías de Subrasante

| Categoría de Sub Rasante | CBR |
|---|-----------------------------|
| S ₀ : Sub rasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Sub rasante Insuficiente | De CBR ≥ 3% A De CBR < 6% |
| S ₂ : Sub rasante Regular | De CBR ≥ 6% A De CBR < 10% |
| S ₃ : Sub rasante Buena | De CBR ≥ 10% A De CBR < 20% |
| S ₄ : Sub rasante Muy Buena | De CBR ≥ 20% A De CBR < 30% |
| S ₅ : Sub rasante Excelente | CBR ≥ 30% |

Fuente: manual de transportes, MTC 2014

Tabla12*Resultados para la Clasificación*

| Datos Para Clasificación | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Granulometría | Límites de Plasticidad | Otros Datos |
| % que pasa la malla N° 10 = 99.92% | LL = 75.85% | Tipo Inorgánico |
| | | = |
| % que pasa la malla N° 40 = 99.75% | LP = 39.80% | |
| % que pasa la malla N° 200 = 99.45% | IP = 36.05% | |

Fuente: Creación propia

Tabla18*Calculo de Índice de Grupo*

| Cálculo del Índice de Grupo | | |
|------------------------------------|---|-----------|
| F = 48.01 | F = % de partículas sólidas que pasan la malla N° 200 | |
| w _L = 0.00 | w _L = LP | |
| Ip = 0.00 | Ip = IP | |
| a = F - 35 | a = 13.01 | a = 13.01 |
| b = F - 15 | b = 33.01 | b = 33.01 |
| c = w _L - 40 | c = -40.00 | c = 00.00 |
| d = Ip - 10 | d = -10.00 | d = 00.00 |
| IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd | | |

IG = 3

Fuente: Creación propia

Tabla21*Métodos del Proctor Modificado*

| Concepto | Procedimiento A | Procedimiento B | Procedimiento C |
|------------------------------|---|---|---|
| Modelo | 101.60 mm (4 in) | 101.60 mm (4 in) | 101.60 mm (4 in) |
| Volumen del molde | 944 cm ³ (1/30 ft ³) | 944 cm ³ (1/30 ft ³) | 2124 cm ³ (0.075 ft ³) |
| Peso del martillo | 4.54 kg (10lb) | 4.54 kg (10lb) | 4.54 kg (10lb) |
| Altura de caída del martillo | 457.20 mm (18 in) | 457.20 mm (18 in) | 457.20 mm (18 in) |
| Numero de golpes | 25 | 25 | 25 |
| Numero de capas | 5 | 5 | 5 |
| Energía de compactación | 1700 knm/m ³ (56000ft – lbf/ft ³) | 1700 knm/m ³ (56000ft – lbf/ft ³) | 1700 knm/m ³ (56000ft – lbf/ft ³) |
| MATERIAL A SER USADO | Porción que pasa por la malla N°4 se usa si el 20% o menos por peso es retenido en la malla N°4 | Porción que pasa por malla 3/8", se usa si el suelo retenido en la malla n°4 es más del 20% y 20% o menos por peso es retenido en la malla 3/8" | Porción que pasa por la malla ¾", se usa si más de 20% por peso de materia es retenido en la malla de ¾" y menos de 30% por peso de material es retenido en la malla ¾" |

Fuente: Melendes, 2017

Tabla22*compactación de Suelos en Laboratorio, Utilizando Energía Modificada*

| Datos Iniciales | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|
| Método = | A | | |
| N° de capas = | 5 | | |
| N° de golpes por capa = | 25 | | |
| W del pisón = | 4.54 Kg | | |
| Altura de caída del pisón = | 45.72 cm | | |
| Densidad de la muestra | M - 01 | M -02 | M - 03 |
| N° de Proctor Utilizado | P-2 | P-2 | P-2 |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 |
| Vol. del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 |
| W del Molde (gr) | 3,750.00 | 3,750.00 | 3,750.00 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,585.00 | 5,530.00 | 5,400.00 |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 1835.00 | 1780.00 | 1650.00 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 1460.86 | 1366.91 | 1356.47 |
| Densidad Seca (gr/cm³) | 1.55 | 1.45 | 1.44 |
| CONTENIDO DE AGUA | Medio | Medio | Medio |
| W de Capsula (gr) | 16.20 | 18.07 | 18.83 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 71.18 | 98.39 | 95.28 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 59.97 | 79.75 | 81.68 |
| W del Agua (gr) | 11.21 | 18.64 | 13.60 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 43.77 | 61.68 | 62.85 |
| Contenido De Agua | 25.61% | 30.22% | 21.64% |

Fuente: Creación propia

Tabla 23*Datos preliminares*

| DATOS PRELIMINARES | | | | | | | |
|---|-----------------------|---|----|-----------------|--------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO | | DATOS DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN | | | | DATOS DEL MOLDE | |
| Densidad Seca Máxima = 1.55 cm ³ | | Peso del Martillo = 4.54 Kg | | | | Diámetro del Molde = 15.24 cm | |
| Contenido Humedad Óptimo = 26.04% | | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | | | | Altura del Molde = 17.78 cm | |
| Contenido Humedad Natural = 31.70% | | Número de Capas = 5 | | | | Altura del Disco Espaciador = 6.14 cm | |
| DATOS DEL EQUIPO DE PENETRACIÓN | | | | | | | |
| Constante del Anillo de Carga = | -2.46E+00 | *X | - | *X ² | +4.2E- | *X ³ | (KN) |
| Área del Pistón = | 19.35 cm ² | 1.11E- | 04 | | 08 | | |
| | | | | | | | 11.64 cm |
| | | | | | | | Área = 182.41 cm ² |
| | | | | | | | Volumen = 2123.92 cm ³ |

Fuente: creación propia

Tabla 32*Calculo de Índice de Grupo*

| Cálculo del Índice de Grupo(IG) | | |
|---------------------------------|---|-----------|
| F = 99.45 | F = % de partículas sólidas que pasan la malla N° 200 | |
| w _L = 55.27 | w _L = LP | |
| l _p = 27.84 | l _p = IP | |
| a = F - 35 | a = 64.45 | a = 40.00 |
| b = F - 15 | b = 84.45 | b = 40.00 |
| c = w _L - 40 | c = 15.27 | c = 15.27 |
| d = l _p - 10 | d = 17.84 | d = 17.84 |
| IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd | | |
| IG = 18 | | |

Fuente: Creación propia

Tabla33

Proctor Modificado del Suelo Adicionado al 30% de Mucilago de Cactus san Pedro

| Densidad de la Muestra | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Proctor Utilizado | P-1 | P-1 | P-1 | P-1 |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | 11.64 |
| Vol. del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | 943.96 |
| W del Molde (gr) | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,425.00 | 5,470.00 | 5,480.00 | 5,445.00 |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 1695.00 | 1740.00 | 1750.00 | 1715.00 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 1384.29 | 1388.25 | 1344.28 | 1269.59 |
| Densidad Seca (gr/cm³) | 1.47 | 1.47 | 1.42 | 1.34 |
| CONTENIDO DE AGUA | Medio | Medio | Medio | Medio |
| W de Capsula (gr) | 19.08 | 18.67 | 16.51 | 19.10 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.05 | 78.97 | 57.53 | 95.53 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 59.89 | 66.78 | 48.02 | 75.68 |
| W del Agua (gr) | 9.16 | 12.19 | 9.51 | 19.85 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 40.81 | 48.11 | 31.51 | 56.58 |
| Contenido de Humedad | 22.45% | 25.34% | 30.18% | 35.08% |

Fuente: Creación propia

Tabla41

Datos para Clasificación

| Datos de Clasificación | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Granulometría | Límites de plasticidad | Otros Datos |
| % que pasa la malla N° 10 = 99.92% | LL = 58.56% | Tipo = Inorgánico |
| % que pasa la malla N° 40 = 99.75% | LP = 29.71% | |
| % que pasa la malla N° 200 = 99.45% | IP = 28.84% | |

Fuente: Creación propia

Tabla42*Calculo de Índice de Grupo*

| Cálculo del Índice de Grupo | | |
|------------------------------------|---|-----------|
| F = 99.45 | F = % de partículas sólidas que pasan la malla N° 200 | |
| w _L = 58.56 | w _L = LP | |
| Ip = 28.84 | Ip = IP | |
| a = F - 35 | a = 64.45 | a = 40.00 |
| b = F - 15 | b = 84.45 | b = 40.00 |
| c = w _L - 40 | c = 18.56 | c = 18.56 |
| d = Ip - 10 | d = 18.84 | d = 18.84 |
| IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd | | |
| IG = 19 | | |

Fuente: Creación propia

Tabla43*Proctor Modificado del Suelo Adicionado al 60% de Mucilago de Cactus san Pedro*

| Densidad de la Muestra | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Proctor Utilizado | P-1 | P-1 | P-1 | P-1 |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | 11.64 |
| Vol. del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | 943.96 |
| W del Molde (gr) | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,375.00 | 5,500.00 | 5,515.00 | 5,455.00 |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 1645.00 | 1770.00 | 1785.00 | 1725.00 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 1265.51 | 1396.65 | 1384.01 | 1274.53 |
| Densidad Seca (gr/cm³) | 1.34 | 1.48 | 1.47 | 1.35 |
| CONTENIDO DE AGUA | Medio | Medio | Medio | Medio |
| W de Capsula (gr) | 19.19 | 11.90 | 16.13 | 19.08 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.04 | 51.06 | 59.22 | 85.06 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 57.54 | 42.80 | 49.54 | 67.83 |
| W del Agua (gr) | 11.50 | 8.26 | 9.68 | 17.23 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 38.35 | 30.90 | 33.41 | 48.75 |
| Contenido de Humedad | 29.99% | 26.73% | 28.97% | 35.34% |

Fuente: Creación propia

Tabla51*Datos para Clasificación de Suelos*

| Datos para Clasificación | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Granulometría | Límites de plasticidad | Otros Datos |
| % que pasa la malla N° 10 = 99.92% | LL = 58.66% | Tipo = Inorgánico |
| % que pasa la malla N° 40 = 99.75% | LP = 27.79% | |
| % que pasa la malla N° 200 = 99.45% | IP = 30.87% | |

Fuente: Creación propia

Tabla52*Calculo de Índice de Grupo*

| Cálculo del Índice de Grupo(IG) | | |
|--|---|-----------|
| F = 99.45 | F = % de partículas sólidas que pasan la malla N° 200 | |
| w _L = 58.66 | w _L = LL | |
| Ip = 30.87 | Ip = IP | |
| a = F - 35 | a = 64.45 | a = 40.00 |
| b = F - 15 | b = 84.45 | b = 40.00 |
| c = w _L - 40 | c = 18.66 | c = 18.66 |
| d = Ip - 10 | d = 20.87 | d = 20.00 |
| IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd | | |
| IG = 20 | | |

Fuente: Creación propia


Tabla53

Proctor Modificado del Suelo Adicionado al 90% de Mucilago de Cactus san Pedro

| DENSIDAD DE LA MUESTRA | M - 01 | M - 02 | M - 03 | M - 04 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N° de Proctor Utilizado | P-1 | P-1 | P-1 | P-1 |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | 11.64 |
| Vol. del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | 943.96 |
| W del Molde (gr) | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 |
| W del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,330.00 | 5,495.00 | 5,490.00 | 5,425.00 |
| W de la Muestra Húmeda (gr) | 1600.00 | 1765.00 | 1760.00 | 1695.00 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 1309.64 | 1366.67 | 1320.20 | 1233.82 |
| Densidad Seca (gr/cm³) | 1.39 | 1.45 | 1.40 | 1.31 |
| CONTENIDO DE AGUA | Medio | Medio | Medio | Medio |
| W de Capsula (gr) | 19.08 | 18.23 | 16.05 | 19.22 |
| W de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.83 | 67.99 | 60.59 | 67.11 |
| W de Capsula + Muestra Seca (gr) | 60.62 | 56.76 | 49.46 | 54.08 |
| W del Agua (gr) | 9.21 | 11.23 | 11.13 | 13.03 |
| W de la Muestra Seca (gr) | 41.54 | 38.53 | 33.41 | 34.86 |
| Contenido de Humedad | 22.17% | 29.15% | 33.31% | 37.38% |

Fuente: Creación propia

ANEXO 4: FICHAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS VALIDADO POR ESPECIALISTAS

| | |
|---|--|
|  UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO | TESIS: "Efecto del Mucllago de Cactus San Pedro Echinopsis pachanoi, en estabilización de suelos, caso: carretera Huilcarpay, 2021" |
|---|--|

FICHA TECNICA N°01 CLASIFICACIÓN DE SUELOS




| | |
|------------------|---|
| TESISTAS: | JESUS HUAMAN ROCA MARCO ANTONIO REAÑO QUISEP |
|------------------|---|

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| HUMEDAD NATURAL | MUESTRA 01 |
| Número de Capsula | |
| Peso de la Capsula (gr) | |
| Capsula + Muestra Húmeda (gr) | |
| Capsula + Muestra Seca (gr) | |

| | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| LÍMITES DE CONSISTENCIA | | | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
| Número de Golpes | | | | |
| Número de Capsula | | | | |
| Peso de la Capsula (gr) | | | | |
| Capsula + Muestra Húmeda (gr) | | | | |
| Capsula + Muestra Seca (gr) | | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
| Número de Capsula | | | | |
| Peso de la Capsula (gr) | | | | |
| Capsula + Muestra Húmeda (gr) | | | | |
| Capsula + Muestra Seca (gr) | | | | |

| | |
|---|---------------------------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | |
| Muestra Seca, antes del Lavado (gr) | |
| Muestra Seca, después del Lavado (gr) | |
| TAMIZ Nº | PESO RETENIDO (gr) |
| 4" | |
| 5" | |
| 2" | |
| 1 1/2" | |
| 1" | |
| 3/4" | |
| 3/8" | |
| Nº 4 | |
| Nº 10 | |
| Nº 20 | |
| Nº 40 | |
| Nº 60 | |
| Nº 100 | |
| Nº 200 | |
| Cazuela | |

La calificación de la presente ficha técnica se dará de 0 a 1.
ficha revisada por especialistas

| NOMBRE DEL ESPECIALISTA | FIRMA | CIP | CALIFICACION |
|---------------------------|---|--------|--------------|
| Eigner Román Villegas |  | 66285 | 2 |
| Sergio Ivan Liendo Vargas |  | 65074 | 1 |
| NOF APRIOLA VALENCO |  | 150021 | 1 |



TESIS: "Efecto del Mucilago de Cactus San Pedro Echinopsis pachanoi, en estabilización de suelos, caso: carretera Huilcarpay, 2021"

FICHA TECNICA N°02
RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD.

| | |
|----------|---|
| TESISTAS | JESUS HUAMAN ROCA MARCO ANTONIO REAÑO QUISPE |
|----------|---|

| DATOS PRELIMINARES | |
|---------------------------------|-------|
| CATARACTERÍSTICAS | VALOR |
| Método | |
| Número de Capas | |
| Número de Golpes por Capa | |
| Masa del Pistón (kg) | |
| Altura de Calde del Pistón (cm) | |

| RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD | | | | |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| DENSIDAD DE LA MUESTRA | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
| Agua Incrementada (ml) | | | | |
| Número de Molde | | | | |
| Peso de la Molde (gr) | | | | |
| Molde + Muestra Compactada (gr) | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Número de Capsula | | | | |
| Peso de la Capsula (gr) | | | | |
| Capsula + Muestra Húmeda (gr) | | | | |
| Capsula + Muestra Seca (gr) | | | | |

La calificación de la presente ficha tecnica se dara de 0 a 1
ficha revisada por especialistas

| NOMBRE DEL ESPECIALISTA | FIRMA | CIP | CALIFICACIÓN |
|---------------------------|-------|--------|--------------|
| Eigner Roman Villagas | | 66285 | 1 |
| Sergio Juan Liendo Vargas | | 65074 | 1 |
| NOE ARROYO VALENZUELA | | 150021 | 1 |

FICHA TECNICA N° 03
RESISTENCIA CBR Y EXPANSIÓN.

| | |
|----------|--|
| TESISTAS | JOSÉ HUMÁN ROCA MARCO ANTONIO REAÑO OLIVERA |
|----------|--|

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (RSC)

| ENSAYO DE COMPACTACIÓN | | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | |
|--|--|--------------|------------|--------------|----------|
| Agua Incrementada (%) | | | | | |
| Número de Molds | | | | | |
| Golpes por capa | | | | | |
| Peso de la Mola (gr) | | | | | |
| Molde + Muestra Compactada (gr) | | | | | |
| Molde + Muestra Compactada, después de la inmersión (gr) | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | Cont. Óptimo | Saturado | Cont. Óptimo | Saturado |
| Número de Capas | | | | | |
| Peso de la Capa (gr) | | | | | |
| Capa + Muestra Húmeda (gr) | | | | | |
| Capa + Muestra Seca (gr) | | | | | |

| ENSAYO DE EXPANSIÓN | | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Número de Molds | | | | |
| Slab | Tiempo Transcurrido | Dial/mm/pulg | Dial/mm/pulg | Dial/mm/pulg |
| 0 | 0 hor 00 min | 0 | 0 | 0 |
| 0.025 | 1 hor 30 min | | | |
| 0.125 | 3 hor 00 min | | | |
| 0.25 | 6 hor 00 min | | | |
| 0.5 | 12 hor 00 min | | | |
| 1 | 24 hor 00 min | | | |
| 2 | 48 hor 00 min | | | |
| 4 | 96 hor 00 min | | | |

| ENSAYO DE PENETRACIÓN | | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|-----------------------|--|------------|------------|------------|
| Número de Molds | | | | |
| Dilatómetro Vertical | | | | |
| 25 | | | | |
| 30 | | | | |
| 75 | | | | |
| 100 | | | | |
| 125 | | | | |
| 150 | | | | |
| 200 | | | | |
| 300 | | | | |
| 400 | | | | |
| 500 | | | | |

La calificación de la presente ficha técnica se da de 0 a 1
 fecha revisada por especialistas

| NOMBRE DEL ESPECIALISTA | FIRMA | CP | CALIFICACIÓN |
|---------------------------|--|--------|--------------|
| Egner Román Villegas |  | 66285 | 1 |
| Sergio Ivan Liendo Vargas |  | 65074 | 1 |
| NOE ADELDO VALENZUELA |  | 150021 | 1 |

ANEXO 5: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LABORATOR



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 545 - 2020

Página : 1 de 6

Expediente : 198-2020
Fecha de Emisión : 2021-01-04

1. Solicitante : PROYECTOS & CONSTRUCCIONES SILVER S.C.R.L.
Dirección : BARRIO PROFESIONAL LOTE. C-1 - CUSCO - CUSCO

2. Descripción del Equipo : ANILLO DE CARGA PARA PRENSA CBR

Marca de Prensa : PINZUAR
Modelo de Prensa : PS-9
Serie de Prensa : 127
Código de Identificación : LSE013

Marca de Anillo : ELE
Modelo de Anillo : 1155B0000
Serie de Anillo : 1155-16-19810
Capacidad del Anillo : 28 kN
Código de Identificación : NO INDICA

Marca del Dial : BAKER
Modelo del Dial : J62A
Serie del Dial : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Código de Identificación : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración
BARRIO PROFESIONAL LOTE. C-1 - CUSCO - CUSCO
29 - DICIEMBRE - 2020

4. Método de Calibración
La calibración se realizó por el método de comparación del dial del anillo y la lectura de celda patrón.

5. Trazabilidad

| INSTRUMENTO | MARCA | CERTIFICADO | TRAZABILIDAD |
|----------------|-------|-----------------------|--------------|
| CELDA DE CARGA | MAVIN | CCP - 0340 - 005 - 20 | ELICROM |
| INDICADOR | MCC | | |

6. Condiciones Ambientales

| | INICIAL | FINAL |
|----------------|---------|-------|
| Temperatura °C | 15,6 | 15,6 |
| Humedad % | 66 | 66 |

7. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.



[Signature]
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Servicio: No. 440000 Vargas
Ingeniero Civil - C.A.R. 61014

Av. Los Ángeles 553 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com Email: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 545 - 2020

Página : 2 de 6

TABLA N° 1

| SISTEMA ANALÓGICO "A" DIVISIONES | SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf) | | | PROMEDIO "B" kgf |
|----------------------------------|------------------------------|----------|----------|------------------|
| | SERIE 1 | SERIE 2 | SERIE 3 | |
| 100 | 336,85 | 338,20 | 336,30 | 337,12 |
| 200 | 667,20 | 668,40 | 667,80 | 667,80 |
| 300 | 998,60 | 1 000,25 | 998,35 | 999,07 |
| 400 | 1 325,85 | 1 326,85 | 1 325,70 | 1 326,13 |
| 500 | 1 651,45 | 1 652,65 | 1 651,05 | 1 651,72 |
| 600 | 1 975,65 | 1 977,95 | 1 976,50 | 1 976,70 |
| 700 | 2 295,65 | 2 297,75 | 2 298,15 | 2 297,18 |

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

Coefficiente de Correlación: $R^2 = 1,0000$

Ecuación de ajuste para valores en kgf: $y = 3,2681x + 15,0095$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (kgf)

Ecuación de ajuste para valores en lbf: $y = 7,2049x + 33,0903$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (lbf)



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Lic. Lizardo Vargas
Ingeniero Civil - CIP 151074



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN kgf

Página 3 de 6.

| | | | |
|----------------------|---------------|--------------------------|-----------|
| Marca de Prensa | PINZUAR | Marca del Dial | BAKER |
| Marca de Anillo | ELE | Modelo del Dial | J62A |
| Serie de Anillo | 1155-16-19810 | Serie del Dial | NO INDICA |
| Capacidad del Anillo | 28 kN | Código de Identificación | NO INDICA |

$$y = 3,2681x + 15,0095$$

| Divisiones del Dial | Valores Ajustados en kgf | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 100 | 341,82 | 345,09 | 348,36 | 351,62 | 354,89 | 358,16 | 361,43 | 364,70 | 367,96 | 371,23 |
| 110 | 374,50 | 377,77 | 381,04 | 384,30 | 387,57 | 390,84 | 394,11 | 397,38 | 400,65 | 403,91 |
| 120 | 407,18 | 410,45 | 413,72 | 416,99 | 420,25 | 423,52 | 426,79 | 430,06 | 433,33 | 436,59 |
| 130 | 439,86 | 443,13 | 446,40 | 449,67 | 452,93 | 456,20 | 459,47 | 462,74 | 466,01 | 469,28 |
| 140 | 472,54 | 475,81 | 479,08 | 482,35 | 485,62 | 488,88 | 492,15 | 495,42 | 498,69 | 501,96 |
| 150 | 505,22 | 508,49 | 511,76 | 515,03 | 518,30 | 521,57 | 524,83 | 528,10 | 531,37 | 534,64 |
| 160 | 537,91 | 541,17 | 544,44 | 547,71 | 550,99 | 554,25 | 557,51 | 560,78 | 564,05 | 567,32 |
| 170 | 570,59 | 573,85 | 577,12 | 580,39 | 583,66 | 586,93 | 590,20 | 593,46 | 596,73 | 600,00 |
| 180 | 603,27 | 606,54 | 609,80 | 613,07 | 616,34 | 619,61 | 622,88 | 626,14 | 629,41 | 632,68 |
| 190 | 635,95 | 639,22 | 642,48 | 645,75 | 649,02 | 652,29 | 655,56 | 658,83 | 662,09 | 665,36 |
| 200 | 668,63 | 671,90 | 675,17 | 678,43 | 681,70 | 684,97 | 688,24 | 691,51 | 694,77 | 698,04 |
| 210 | 701,31 | 704,58 | 707,85 | 711,11 | 714,38 | 717,65 | 720,92 | 724,19 | 727,46 | 730,72 |
| 220 | 733,99 | 737,26 | 740,53 | 743,80 | 747,06 | 750,33 | 753,60 | 756,87 | 760,14 | 763,40 |
| 230 | 766,67 | 769,94 | 773,21 | 776,48 | 779,74 | 783,01 | 786,28 | 789,55 | 792,82 | 796,09 |
| 240 | 799,35 | 802,62 | 805,89 | 809,16 | 812,43 | 815,69 | 818,96 | 822,23 | 825,50 | 828,77 |
| 250 | 832,03 | 835,30 | 838,57 | 841,84 | 845,11 | 848,38 | 851,64 | 854,91 | 858,18 | 861,45 |
| 260 | 864,72 | 867,98 | 871,25 | 874,52 | 877,79 | 881,06 | 884,32 | 887,59 | 890,85 | 894,13 |
| 270 | 897,40 | 900,66 | 903,93 | 907,20 | 910,47 | 913,74 | 917,01 | 920,27 | 923,54 | 926,81 |
| 280 | 930,08 | 933,35 | 936,61 | 939,88 | 943,15 | 946,42 | 949,69 | 952,95 | 956,22 | 959,49 |
| 290 | 962,76 | 966,03 | 969,29 | 972,56 | 975,83 | 979,10 | 982,37 | 985,64 | 988,90 | 992,17 |
| 300 | 995,44 | 998,71 | 1 001,98 | 1 005,24 | 1 008,51 | 1 011,78 | 1 015,05 | 1 018,32 | 1 021,58 | 1 024,85 |
| 310 | 1 028,12 | 1 031,39 | 1 034,66 | 1 037,92 | 1 041,19 | 1 044,46 | 1 047,73 | 1 051,00 | 1 054,27 | 1 057,53 |
| 320 | 1 060,80 | 1 064,07 | 1 067,34 | 1 070,61 | 1 073,87 | 1 077,14 | 1 080,41 | 1 083,68 | 1 086,95 | 1 090,21 |
| 330 | 1 093,48 | 1 096,75 | 1 100,02 | 1 103,29 | 1 106,55 | 1 109,82 | 1 113,09 | 1 116,36 | 1 119,63 | 1 122,90 |
| 340 | 1 126,16 | 1 129,43 | 1 132,70 | 1 135,97 | 1 139,24 | 1 142,50 | 1 145,77 | 1 149,04 | 1 152,31 | 1 155,58 |
| 350 | 1 158,84 | 1 162,11 | 1 165,38 | 1 168,65 | 1 171,92 | 1 175,19 | 1 178,45 | 1 181,72 | 1 184,99 | 1 188,26 |
| 360 | 1 191,53 | 1 194,79 | 1 198,06 | 1 201,33 | 1 204,60 | 1 207,87 | 1 211,13 | 1 214,40 | 1 217,67 | 1 220,94 |
| 370 | 1 224,21 | 1 227,47 | 1 230,74 | 1 234,01 | 1 237,28 | 1 240,55 | 1 243,82 | 1 247,08 | 1 250,35 | 1 253,62 |
| 380 | 1 256,89 | 1 260,16 | 1 263,42 | 1 266,69 | 1 269,96 | 1 273,23 | 1 276,50 | 1 279,76 | 1 283,03 | 1 286,30 |
| 390 | 1 289,57 | 1 292,84 | 1 296,10 | 1 299,37 | 1 302,64 | 1 305,91 | 1 309,18 | 1 312,45 | 1 315,71 | 1 318,98 |
| 400 | 1 322,25 | 1 325,52 | 1 328,79 | 1 332,05 | 1 335,32 | 1 338,59 | 1 341,86 | 1 345,13 | 1 348,39 | 1 351,66 |
| 410 | 1 354,93 | 1 358,20 | 1 361,47 | 1 364,73 | 1 368,00 | 1 371,27 | 1 374,54 | 1 377,81 | 1 381,08 | 1 384,34 |
| 420 | 1 387,61 | 1 390,88 | 1 394,15 | 1 397,42 | 1 400,68 | 1 403,95 | 1 407,22 | 1 410,49 | 1 413,76 | 1 417,02 |
| 430 | 1 420,29 | 1 423,56 | 1 426,83 | 1 430,10 | 1 433,36 | 1 436,63 | 1 439,90 | 1 443,17 | 1 446,44 | 1 449,71 |
| 440 | 1 452,97 | 1 456,24 | 1 459,51 | 1 462,78 | 1 466,05 | 1 469,31 | 1 472,58 | 1 475,85 | 1 479,12 | 1 482,39 |
| 450 | 1 485,65 | 1 488,92 | 1 492,19 | 1 495,46 | 1 498,73 | 1 502,00 | 1 505,26 | 1 508,53 | 1 511,80 | 1 515,07 |
| 460 | 1 518,34 | 1 521,60 | 1 524,87 | 1 528,14 | 1 531,41 | 1 534,68 | 1 537,94 | 1 541,21 | 1 544,48 | 1 547,75 |
| 470 | 1 551,02 | 1 554,28 | 1 557,55 | 1 560,82 | 1 564,09 | 1 567,36 | 1 570,63 | 1 573,89 | 1 577,16 | 1 580,43 |
| 480 | 1 583,70 | 1 586,97 | 1 590,23 | 1 593,50 | 1 596,77 | 1 600,04 | 1 603,31 | 1 606,57 | 1 609,84 | 1 613,11 |
| 490 | 1 616,38 | 1 619,65 | 1 622,91 | 1 626,18 | 1 629,45 | 1 632,72 | 1 635,99 | 1 639,26 | 1 642,52 | 1 645,79 |
| 500 | 1 649,06 | 1 652,33 | 1 655,60 | 1 658,86 | 1 662,13 | 1 665,40 | 1 668,67 | 1 671,94 | 1 675,20 | 1 678,47 |
| 510 | 1 681,74 | 1 685,01 | 1 688,28 | 1 691,54 | 1 694,81 | 1 698,08 | 1 701,35 | 1 704,62 | 1 707,89 | 1 711,15 |



[Signature]
 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

[Signature]
 Sorella Ivan Liendo Vargas
 Ingeniera Civil - C.I.P. 83974

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Tel. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Punto de Precisión SAC

| Divisiones del Dial | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 520 | 1 714,42 | 1 717,69 | 1 720,96 | 1 724,23 | 1 727,49 | 1 730,76 | 1 734,03 | 1 737,30 | 1 740,57 | 1 743,83 |
| 530 | 1 747,10 | 1 750,37 | 1 753,64 | 1 756,91 | 1 760,17 | 1 763,44 | 1 766,71 | 1 769,98 | 1 773,25 | 1 776,52 |
| 540 | 1 779,78 | 1 783,05 | 1 786,32 | 1 789,59 | 1 792,86 | 1 796,12 | 1 799,39 | 1 802,66 | 1 805,93 | 1 809,20 |
| 550 | 1 812,46 | 1 815,73 | 1 819,00 | 1 822,27 | 1 825,54 | 1 828,81 | 1 832,07 | 1 835,34 | 1 838,61 | 1 841,88 |
| 560 | 1 845,15 | 1 848,41 | 1 851,68 | 1 854,95 | 1 858,22 | 1 861,49 | 1 864,75 | 1 868,02 | 1 871,29 | 1 874,56 |
| 570 | 1 877,83 | 1 881,09 | 1 884,36 | 1 887,63 | 1 890,90 | 1 894,17 | 1 897,44 | 1 900,70 | 1 903,97 | 1 907,24 |
| 580 | 1 910,51 | 1 913,78 | 1 917,04 | 1 920,31 | 1 923,58 | 1 926,85 | 1 930,12 | 1 933,38 | 1 936,65 | 1 939,92 |
| 590 | 1 943,19 | 1 946,46 | 1 949,72 | 1 952,99 | 1 956,26 | 1 959,53 | 1 962,80 | 1 966,07 | 1 969,33 | 1 972,60 |
| 600 | 1 975,87 | 1 979,14 | 1 982,41 | 1 985,67 | 1 988,94 | 1 992,21 | 1 995,48 | 1 998,75 | 2 002,01 | 2 005,28 |
| 610 | 2 008,55 | 2 011,82 | 2 015,09 | 2 018,35 | 2 021,62 | 2 024,89 | 2 028,16 | 2 031,43 | 2 034,70 | 2 037,96 |
| 620 | 2 041,23 | 2 044,50 | 2 047,77 | 2 051,04 | 2 054,30 | 2 057,57 | 2 060,84 | 2 064,11 | 2 067,38 | 2 070,64 |
| 630 | 2 073,91 | 2 077,18 | 2 080,45 | 2 083,72 | 2 086,98 | 2 090,25 | 2 093,52 | 2 096,79 | 2 100,06 | 2 103,33 |
| 640 | 2 106,59 | 2 109,86 | 2 113,13 | 2 116,40 | 2 119,67 | 2 122,93 | 2 126,20 | 2 129,47 | 2 132,74 | 2 136,01 |
| 650 | 2 139,27 | 2 142,54 | 2 145,81 | 2 149,08 | 2 152,35 | 2 155,62 | 2 158,88 | 2 162,15 | 2 165,42 | 2 168,69 |
| 660 | 2 171,96 | 2 175,22 | 2 178,49 | 2 181,76 | 2 185,03 | 2 188,30 | 2 191,56 | 2 194,83 | 2 198,10 | 2 201,37 |
| 670 | 2 204,64 | 2 207,90 | 2 211,17 | 2 214,44 | 2 217,71 | 2 220,98 | 2 224,25 | 2 227,51 | 2 230,78 | 2 234,05 |
| 680 | 2 237,32 | 2 240,59 | 2 243,85 | 2 247,12 | 2 250,39 | 2 253,66 | 2 256,93 | 2 260,19 | 2 263,46 | 2 266,73 |
| 690 | 2 270,00 | 2 273,27 | 2 276,53 | 2 279,80 | 2 283,07 | 2 286,34 | 2 289,61 | 2 292,88 | 2 296,14 | 2 299,41 |
| 700 | 2 302,68 | 2 305,95 | 2 309,22 | 2 312,48 | 2 315,75 | 2 319,02 | 2 322,29 | 2 325,56 | 2 328,82 | 2 332,09 |
| 710 | 2 335,36 | 2 338,63 | 2 341,90 | 2 345,16 | 2 348,43 | 2 351,70 | 2 354,97 | 2 358,24 | 2 361,51 | 2 364,77 |
| 720 | 2 368,04 | 2 371,31 | 2 374,58 | 2 377,85 | 2 381,11 | 2 384,38 | 2 387,65 | 2 390,92 | 2 394,19 | 2 397,45 |
| 730 | 2 400,72 | 2 403,99 | 2 407,26 | 2 410,53 | 2 413,79 | 2 417,06 | 2 420,33 | 2 423,60 | 2 426,87 | 2 430,14 |
| 740 | 2 433,40 | 2 436,67 | 2 439,94 | 2 443,21 | 2 446,48 | 2 449,74 | 2 453,01 | 2 456,28 | 2 459,55 | 2 462,82 |
| 750 | 2 466,08 | 2 469,35 | 2 472,62 | 2 475,89 | 2 479,16 | 2 482,43 | 2 485,69 | 2 488,96 | 2 492,23 | 2 495,50 |
| 760 | 2 498,77 | 2 502,03 | 2 505,30 | 2 508,57 | 2 511,84 | 2 515,11 | 2 518,37 | 2 521,64 | 2 524,91 | 2 528,18 |
| 770 | 2 531,45 | 2 534,71 | 2 537,98 | 2 541,25 | 2 544,52 | 2 547,79 | 2 551,06 | 2 554,32 | 2 557,59 | 2 560,86 |
| 780 | 2 564,13 | 2 567,40 | 2 570,66 | 2 573,93 | 2 577,20 | 2 580,47 | 2 583,74 | 2 587,00 | 2 590,27 | 2 593,54 |
| 790 | 2 596,81 | 2 600,08 | 2 603,34 | 2 606,61 | 2 609,88 | 2 613,15 | 2 616,42 | 2 619,69 | 2 622,95 | 2 626,22 |
| 800 | 2 629,49 | 2 632,76 | 2 636,03 | 2 639,29 | 2 642,56 | 2 645,83 | 2 649,10 | 2 652,37 | 2 655,63 | 2 658,90 |
| 810 | 2 662,17 | 2 665,44 | 2 668,71 | 2 671,97 | 2 675,24 | 2 678,51 | 2 681,78 | 2 685,05 | 2 688,32 | 2 691,58 |
| 820 | 2 694,85 | 2 698,12 | 2 701,39 | 2 704,66 | 2 707,92 | 2 711,19 | 2 714,46 | 2 717,73 | 2 721,00 | 2 724,26 |
| 830 | 2 727,53 | 2 730,80 | 2 734,07 | 2 737,34 | 2 740,60 | 2 743,87 | 2 747,14 | 2 750,41 | 2 753,68 | 2 756,95 |
| 840 | 2 760,21 | 2 763,48 | 2 766,75 | 2 770,02 | 2 773,29 | 2 776,55 | 2 779,82 | 2 783,09 | 2 786,36 | 2 789,63 |
| 850 | 2 792,89 | 2 796,16 | 2 799,43 | 2 802,70 | 2 805,97 | 2 809,24 | 2 812,50 | 2 815,77 | 2 819,04 | 2 822,31 |
| 860 | 2 825,58 | 2 828,84 | 2 832,11 | 2 835,38 | 2 838,65 | 2 841,92 | 2 845,18 | 2 848,45 | 2 851,72 | 2 854,99 |



[Signature]
Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

[Signature]
Laboratorio de
Sólidos y Materiales
Sergio P. Virga
Ingeniero Civil - C.A.P. 85614



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CARTA DE CALIBRACIÓN EN lbf

Página 5 de 6

| | | | |
|----------------------|---------------|--------------------------|-----------|
| Marca de Prensa | PINZUAR | Marca del Dial | BAKER |
| Marca de Anillo | ELE | Modelo del Dial | J52A |
| Serie de Anillo | 1155-16-19810 | Serie del Dial | NO INDICA |
| Capacidad del Anillo | 28 kN | Código de Identificación | NO INDICA |

$$y = 7,2049x + 33,0903$$

Valores Ajustados en lbf

| Divisiones del Dial | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 100 | 753,58 | 760,79 | 767,99 | 775,20 | 782,40 | 789,60 | 796,81 | 804,01 | 811,22 | 818,42 |
| 110 | 825,63 | 832,83 | 840,04 | 847,24 | 854,45 | 861,65 | 868,86 | 876,05 | 883,27 | 890,47 |
| 120 | 897,68 | 904,88 | 912,09 | 919,29 | 926,50 | 933,70 | 940,91 | 948,11 | 955,32 | 962,52 |
| 130 | 969,73 | 976,93 | 984,14 | 991,34 | 998,55 | 1 005,75 | 1 012,96 | 1 020,16 | 1 027,37 | 1 034,57 |
| 140 | 1 041,78 | 1 048,98 | 1 056,19 | 1 063,39 | 1 070,60 | 1 077,80 | 1 085,01 | 1 092,21 | 1 099,42 | 1 106,62 |
| 150 | 1 113,83 | 1 121,03 | 1 128,24 | 1 135,44 | 1 142,64 | 1 149,85 | 1 157,05 | 1 164,26 | 1 171,46 | 1 178,67 |
| 160 | 1 185,87 | 1 193,08 | 1 200,28 | 1 207,49 | 1 214,69 | 1 221,90 | 1 229,10 | 1 236,31 | 1 243,51 | 1 250,72 |
| 170 | 1 257,92 | 1 265,13 | 1 272,33 | 1 279,54 | 1 286,74 | 1 293,95 | 1 301,15 | 1 308,36 | 1 315,56 | 1 322,77 |
| 180 | 1 329,97 | 1 337,18 | 1 344,38 | 1 351,59 | 1 358,79 | 1 366,00 | 1 373,20 | 1 380,41 | 1 387,61 | 1 394,82 |
| 190 | 1 402,02 | 1 409,23 | 1 416,43 | 1 423,64 | 1 430,84 | 1 438,05 | 1 445,25 | 1 452,46 | 1 459,66 | 1 466,87 |
| 200 | 1 474,07 | 1 481,28 | 1 488,48 | 1 495,69 | 1 502,89 | 1 510,09 | 1 517,30 | 1 524,50 | 1 531,71 | 1 538,91 |
| 210 | 1 546,12 | 1 553,32 | 1 560,53 | 1 567,73 | 1 574,94 | 1 582,14 | 1 589,35 | 1 596,55 | 1 603,76 | 1 610,96 |
| 220 | 1 618,17 | 1 625,37 | 1 632,58 | 1 639,78 | 1 646,99 | 1 654,19 | 1 661,40 | 1 668,60 | 1 675,81 | 1 683,01 |
| 230 | 1 690,22 | 1 697,42 | 1 704,63 | 1 711,83 | 1 719,04 | 1 726,24 | 1 733,45 | 1 740,65 | 1 747,86 | 1 755,06 |
| 240 | 1 762,27 | 1 769,47 | 1 776,68 | 1 783,88 | 1 791,09 | 1 798,29 | 1 805,50 | 1 812,70 | 1 819,91 | 1 827,11 |
| 250 | 1 834,32 | 1 841,52 | 1 848,73 | 1 855,93 | 1 863,13 | 1 870,34 | 1 877,54 | 1 884,75 | 1 891,95 | 1 899,16 |
| 260 | 1 906,36 | 1 913,57 | 1 920,77 | 1 927,98 | 1 935,18 | 1 942,39 | 1 949,59 | 1 956,80 | 1 964,00 | 1 971,21 |
| 270 | 1 978,41 | 1 985,62 | 1 992,82 | 2 000,03 | 2 007,23 | 2 014,44 | 2 021,64 | 2 028,85 | 2 036,05 | 2 043,26 |
| 280 | 2 050,46 | 2 057,67 | 2 064,87 | 2 072,08 | 2 079,28 | 2 086,49 | 2 093,69 | 2 100,90 | 2 108,10 | 2 115,31 |
| 290 | 2 122,51 | 2 129,72 | 2 136,92 | 2 144,13 | 2 151,33 | 2 158,54 | 2 165,74 | 2 172,95 | 2 180,15 | 2 187,36 |
| 300 | 2 194,56 | 2 201,77 | 2 208,97 | 2 216,18 | 2 223,38 | 2 230,58 | 2 237,79 | 2 244,99 | 2 252,20 | 2 259,40 |
| 310 | 2 266,61 | 2 273,81 | 2 281,02 | 2 288,22 | 2 295,43 | 2 302,63 | 2 309,84 | 2 317,04 | 2 324,25 | 2 331,45 |
| 320 | 2 338,66 | 2 345,86 | 2 353,07 | 2 360,27 | 2 367,48 | 2 374,68 | 2 381,89 | 2 389,09 | 2 396,30 | 2 403,50 |
| 330 | 2 410,71 | 2 417,91 | 2 425,12 | 2 432,32 | 2 439,53 | 2 446,73 | 2 453,94 | 2 461,14 | 2 468,35 | 2 475,55 |
| 340 | 2 482,76 | 2 489,96 | 2 497,17 | 2 504,37 | 2 511,58 | 2 518,78 | 2 525,99 | 2 533,19 | 2 540,40 | 2 547,60 |
| 350 | 2 554,81 | 2 562,01 | 2 569,22 | 2 576,42 | 2 583,62 | 2 590,83 | 2 598,03 | 2 605,24 | 2 612,44 | 2 619,65 |
| 360 | 2 626,85 | 2 634,06 | 2 641,26 | 2 648,47 | 2 655,67 | 2 662,88 | 2 670,08 | 2 677,29 | 2 684,49 | 2 691,70 |
| 370 | 2 696,90 | 2 704,11 | 2 711,31 | 2 720,52 | 2 727,72 | 2 734,93 | 2 742,13 | 2 749,34 | 2 756,54 | 2 763,75 |
| 380 | 2 770,95 | 2 778,16 | 2 785,36 | 2 792,57 | 2 799,77 | 2 806,98 | 2 814,18 | 2 821,39 | 2 828,59 | 2 835,80 |
| 390 | 2 843,00 | 2 850,21 | 2 857,41 | 2 864,62 | 2 871,82 | 2 879,03 | 2 886,23 | 2 893,44 | 2 900,64 | 2 907,85 |
| 400 | 2 915,05 | 2 922,26 | 2 929,46 | 2 936,67 | 2 943,87 | 2 951,07 | 2 958,28 | 2 965,48 | 2 972,69 | 2 979,89 |
| 410 | 2 987,10 | 2 994,30 | 3 001,51 | 3 008,71 | 3 015,92 | 3 023,12 | 3 030,33 | 3 037,53 | 3 044,74 | 3 051,94 |
| 420 | 3 059,15 | 3 066,35 | 3 073,56 | 3 080,76 | 3 087,97 | 3 095,17 | 3 102,38 | 3 109,58 | 3 116,79 | 3 123,99 |
| 430 | 3 131,20 | 3 138,40 | 3 145,61 | 3 152,81 | 3 160,02 | 3 167,22 | 3 174,43 | 3 181,63 | 3 188,84 | 3 196,04 |
| 440 | 3 203,25 | 3 210,45 | 3 217,66 | 3 224,86 | 3 232,07 | 3 239,27 | 3 246,48 | 3 253,68 | 3 260,89 | 3 268,09 |
| 450 | 3 275,30 | 3 282,50 | 3 289,71 | 3 296,91 | 3 304,11 | 3 311,32 | 3 318,52 | 3 325,73 | 3 332,93 | 3 340,14 |
| 460 | 3 347,34 | 3 354,55 | 3 361,75 | 3 368,96 | 3 376,16 | 3 383,37 | 3 390,57 | 3 397,78 | 3 404,98 | 3 412,19 |
| 470 | 3 419,39 | 3 426,60 | 3 433,80 | 3 441,01 | 3 448,21 | 3 455,42 | 3 462,62 | 3 469,83 | 3 477,03 | 3 484,24 |
| 480 | 3 491,44 | 3 498,65 | 3 505,85 | 3 513,06 | 3 520,26 | 3 527,47 | 3 534,67 | 3 541,88 | 3 549,08 | 3 556,29 |
| 490 | 3 563,49 | 3 570,70 | 3 577,90 | 3 585,11 | 3 592,31 | 3 599,52 | 3 606,72 | 3 613,93 | 3 621,13 | 3 628,34 |
| 500 | 3 635,54 | 3 642,75 | 3 649,95 | 3 657,16 | 3 664,36 | 3 671,56 | 3 678,77 | 3 685,97 | 3 693,18 | 3 700,38 |
| 510 | 3 707,59 | 3 714,79 | 3 722,00 | 3 729,20 | 3 736,41 | 3 743,61 | 3 750,82 | 3 758,02 | 3 765,23 | 3 772,43 |



[Signature]
 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

laboratorio de materiales

Sergio Iván Luendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65174

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com / E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Punto de Precisión SAC

| Divisiones del Dial | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 520 | 3 779,64 | 3 786,84 | 3 794,05 | 3 801,25 | 3 808,46 | 3 815,66 | 3 822,87 | 3 830,07 | 3 837,28 | 3 844,48 |
| 530 | 3 851,69 | 3 858,89 | 3 866,10 | 3 873,30 | 3 880,51 | 3 887,71 | 3 894,92 | 3 902,12 | 3 909,33 | 3 916,53 |
| 540 | 3 923,74 | 3 930,94 | 3 938,15 | 3 945,35 | 3 952,56 | 3 959,76 | 3 966,97 | 3 974,17 | 3 981,38 | 3 988,58 |
| 550 | 3 995,79 | 4 002,99 | 4 010,20 | 4 017,40 | 4 024,60 | 4 031,81 | 4 039,01 | 4 046,22 | 4 053,42 | 4 060,63 |
| 560 | 4 067,83 | 4 075,04 | 4 082,24 | 4 089,45 | 4 096,65 | 4 103,86 | 4 111,06 | 4 118,27 | 4 125,47 | 4 132,68 |
| 570 | 4 139,88 | 4 147,09 | 4 154,29 | 4 161,50 | 4 168,70 | 4 175,91 | 4 183,11 | 4 190,32 | 4 197,52 | 4 204,73 |
| 580 | 4 211,93 | 4 219,14 | 4 226,34 | 4 233,55 | 4 240,75 | 4 247,96 | 4 255,16 | 4 262,37 | 4 269,57 | 4 276,78 |
| 590 | 4 283,98 | 4 291,19 | 4 298,39 | 4 305,60 | 4 312,80 | 4 320,01 | 4 327,21 | 4 334,42 | 4 341,62 | 4 348,83 |
| 600 | 4 356,03 | 4 363,24 | 4 370,44 | 4 377,65 | 4 384,85 | 4 392,05 | 4 399,26 | 4 406,46 | 4 413,67 | 4 420,87 |
| 610 | 4 428,08 | 4 435,28 | 4 442,49 | 4 449,69 | 4 456,90 | 4 464,10 | 4 471,31 | 4 478,51 | 4 485,72 | 4 492,92 |
| 620 | 4 500,13 | 4 507,33 | 4 514,54 | 4 521,74 | 4 528,95 | 4 536,15 | 4 543,36 | 4 550,56 | 4 557,77 | 4 564,97 |
| 630 | 4 572,18 | 4 579,38 | 4 586,59 | 4 593,79 | 4 601,00 | 4 608,20 | 4 615,41 | 4 622,61 | 4 629,82 | 4 637,02 |
| 640 | 4 644,23 | 4 651,43 | 4 658,64 | 4 665,84 | 4 673,05 | 4 680,25 | 4 687,46 | 4 694,66 | 4 701,87 | 4 709,07 |
| 650 | 4 716,28 | 4 723,48 | 4 730,69 | 4 737,89 | 4 745,09 | 4 752,30 | 4 759,50 | 4 766,71 | 4 773,91 | 4 781,12 |
| 660 | 4 788,32 | 4 795,53 | 4 802,73 | 4 809,94 | 4 817,14 | 4 824,35 | 4 831,55 | 4 838,76 | 4 845,96 | 4 853,17 |
| 670 | 4 860,37 | 4 867,58 | 4 874,78 | 4 881,99 | 4 889,19 | 4 896,40 | 4 903,60 | 4 910,81 | 4 918,01 | 4 925,22 |
| 680 | 4 932,42 | 4 939,63 | 4 946,83 | 4 954,04 | 4 961,24 | 4 968,45 | 4 975,65 | 4 982,86 | 4 990,06 | 4 997,27 |
| 690 | 5 004,47 | 5 011,68 | 5 018,88 | 5 026,09 | 5 033,29 | 5 040,50 | 5 047,70 | 5 054,91 | 5 062,11 | 5 069,32 |
| 700 | 5 076,52 | 5 083,73 | 5 090,93 | 5 098,14 | 5 105,34 | 5 112,54 | 5 119,75 | 5 126,95 | 5 134,16 | 5 141,36 |
| 710 | 5 148,57 | 5 155,77 | 5 162,98 | 5 170,18 | 5 177,39 | 5 184,59 | 5 191,80 | 5 199,00 | 5 206,21 | 5 213,41 |
| 720 | 5 220,62 | 5 227,82 | 5 235,03 | 5 242,23 | 5 249,44 | 5 256,64 | 5 263,85 | 5 271,05 | 5 278,26 | 5 285,46 |
| 730 | 5 292,67 | 5 299,87 | 5 307,08 | 5 314,28 | 5 321,49 | 5 328,69 | 5 335,90 | 5 343,10 | 5 350,31 | 5 357,51 |
| 740 | 5 364,72 | 5 371,92 | 5 379,13 | 5 386,33 | 5 393,54 | 5 400,74 | 5 407,95 | 5 415,15 | 5 422,36 | 5 429,56 |
| 750 | 5 436,77 | 5 443,97 | 5 451,18 | 5 458,38 | 5 465,58 | 5 472,79 | 5 479,99 | 5 487,20 | 5 494,40 | 5 501,61 |
| 760 | 5 508,81 | 5 516,02 | 5 523,22 | 5 530,43 | 5 537,63 | 5 544,84 | 5 552,04 | 5 559,25 | 5 566,45 | 5 573,66 |
| 770 | 5 580,86 | 5 588,07 | 5 595,27 | 5 602,48 | 5 609,68 | 5 616,89 | 5 624,09 | 5 631,30 | 5 638,50 | 5 645,71 |
| 780 | 5 652,91 | 5 660,12 | 5 667,32 | 5 674,53 | 5 681,73 | 5 688,94 | 5 696,14 | 5 703,35 | 5 710,55 | 5 717,76 |
| 790 | 5 724,96 | 5 732,17 | 5 739,37 | 5 746,58 | 5 753,78 | 5 760,99 | 5 768,19 | 5 775,40 | 5 782,60 | 5 789,81 |
| 800 | 5 797,01 | 5 804,22 | 5 811,42 | 5 818,63 | 5 825,83 | 5 833,03 | 5 840,24 | 5 847,44 | 5 854,65 | 5 861,85 |
| 810 | 5 869,06 | 5 876,26 | 5 883,47 | 5 890,67 | 5 897,88 | 5 905,08 | 5 912,29 | 5 919,49 | 5 926,70 | 5 933,90 |
| 820 | 5 941,11 | 5 948,31 | 5 955,52 | 5 962,72 | 5 969,93 | 5 977,13 | 5 984,34 | 5 991,54 | 5 998,75 | 6 005,95 |
| 830 | 6 013,16 | 6 020,36 | 6 027,57 | 6 034,77 | 6 041,98 | 6 049,18 | 6 056,39 | 6 063,59 | 6 070,80 | 6 078,00 |
| 840 | 6 085,21 | 6 092,41 | 6 099,62 | 6 106,82 | 6 114,03 | 6 121,23 | 6 128,44 | 6 135,64 | 6 142,85 | 6 150,05 |
| 850 | 6 157,26 | 6 164,46 | 6 171,67 | 6 178,87 | 6 186,07 | 6 193,28 | 6 200,48 | 6 207,69 | 6 214,89 | 6 222,10 |
| 860 | 6 229,30 | 6 236,51 | 6 243,71 | 6 250,92 | 6 258,12 | 6 265,33 | 6 272,53 | 6 279,74 | 6 286,94 | 6 294,15 |



FIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Laboratorio de Control de Materiales

Ing. Carlos Vargas
Ingeniero Civil - CIP 156074



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-720-2020

Página 1 de 3

Expediente : 196-2020
 Fecha de Emisión : 2021-01-04

1. Solicitante : PROYECTOS & CONSTRUCCIONES SILVER S.C.R.L.
 Dirección : BARRIO PROFESIONAL LOTE C-1 - CUSCO - CUSCO

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS
 Modelo : R31P15
 Número de Serie : 8335450051
 Alcance de Indicación : 15 000 g
 División de Escala de Verificación (e) : 0,5 g
 División de Escala Real (d) : 0,5 g
 Procedencia : CHINA
 Identificación : NO INDICA
 Tipo : ELECTRÓNICA
 Ubicación : LABORATORIO
 Fecha de Calibración : 2020-12-29

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AJ 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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de PROYECTOS & CONSTRUCCIONES SILVER S.C.R.L.
BARRIO PROFESIONAL LOTE C-1 - CUSCO - CUSCO



PT-06 F05 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Sergio Ivan Hueso Vargas
Ingeniero Civil - CIP 88074

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-720-2020

Página 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

| | Minima | Máxima |
|------------------|--------|--------|
| Temperatura | 15,8 | 15,8 |
| Humedad Relativa | 68,5 | 68,5 |

6. Trazabilidad

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

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|
| INACAL - DM | Juego de pesas (exactitud F1) | IP-296-2019 |
| | Pesa (exactitud F1) | M-0527-2020 |
| | Pesa (exactitud F1) | M-0526-2020 |

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 15 000,0 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 14 997,5 g para una carga de 15 000,0 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

| INSPECCIÓN VISUAL | | | |
|-------------------|-------|----------------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| PLATAFORMA | TIENE | SIST. DE TRABA | NO TIENE |
| NIVELACION | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1= 7 500,0 g | | | Carga L2= 15 000,0 g | | | |
|--------------------------|---------------------|--------|-------|--------------------------|--------|-------|-------|
| | 1 (g) | ΔL (g) | E (g) | 1 (g) | ΔL (g) | E (g) | |
| 1 | 7 500,0 | 0,35 | -0,12 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | |
| 2 | 7 500,0 | 0,40 | -0,17 | 15 000,0 | 0,30 | -0,07 | |
| 3 | 7 500,0 | 0,40 | -0,17 | 15 000,0 | 0,45 | -0,22 | |
| 4 | 7 500,5 | 0,45 | 0,28 | 15 000,0 | 0,35 | -0,12 | |
| 5 | 7 500,0 | 0,30 | -0,07 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | |
| 6 | 7 500,0 | 0,35 | -0,12 | 15 000,0 | 0,35 | -0,12 | |
| 7 | 7 500,0 | 0,40 | -0,17 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | |
| 8 | 7 500,5 | 0,35 | 0,38 | 15 000,0 | 0,30 | -0,07 | |
| 9 | 7 500,0 | 0,35 | -0,12 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | |
| 10 | 7 500,0 | 0,30 | -0,07 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | |
| Diferencia Máxima | | | 0,95 | Diferencia Máxima | | | 1,5 g |
| Error máximo permitido ± | | | 1 g | Error máximo permitido ± | | | 1,5 g |



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Accreditado de acuerdo a normas y materiales

Sergio Ivan Llanos Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com F-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-720-2020

Página: 3 de 3

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 5 |
| 3 | | 4 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Posición de la Carga | Determinación de E _g | | | | Determinación del Error corregido | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------|--------|--------------------|-----------------------------------|---------|--------|-------|--------------------|
| | Carga mínima (g) | f (g) | ΔL (g) | E _g (g) | Carga L (g) | f (g) | ΔL (g) | E (g) | E _c (g) |
| 1 | 5,0 | 5,0 | 0,35 | -0,10 | 5 000,0 | 5 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 |
| 2 | | 5,0 | 0,30 | -0,05 | | 5 000,0 | 0,40 | -0,16 | -0,11 |
| 3 | | 5,0 | 0,45 | -0,20 | | 5 000,5 | 0,45 | 0,29 | 0,49 |
| 4 | | 5,0 | 0,30 | -0,05 | | 5 000,5 | 0,30 | 0,44 | 0,49 |
| 5 | | 5,0 | 0,35 | -0,10 | | 5 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 |
| Error máximo permitido ± 1 g | | | | | | | | | |

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | ± emp (g) |
|-------------|------------|--------|-------|--------------------|--------------|--------|-------|--------------------|-----------|
| | f (g) | ΔL (g) | E (g) | E _c (g) | f (g) | ΔL (g) | E (g) | E _c (g) | |
| 5,00 | 5,0 | 0,35 | -0,10 | | | | | | |
| 25,00 | 25,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 25,0 | 0,35 | -0,10 | 0,00 | 0,5 |
| 50,00 | 50,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 50,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 0,5 |
| 500,00 | 500,0 | 0,35 | -0,10 | 0,00 | 500,0 | 0,30 | -0,05 | 0,05 | 0,5 |
| 1 000,00 | 1 000,0 | 0,45 | -0,20 | -0,10 | 1 000,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 0,5 |
| 2 500,00 | 2 500,5 | 0,40 | 0,35 | 0,45 | 2 500,0 | 0,35 | -0,10 | 0,00 | 0,5 |
| 5 000,01 | 5 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 | 5 000,0 | 0,30 | -0,05 | 0,04 | 1 |
| 7 000,02 | 7 000,0 | 0,45 | -0,22 | -0,12 | 7 000,5 | 0,40 | 0,33 | 0,43 | 1 |
| 10 000,01 | 10 000,5 | 0,30 | 0,44 | 0,54 | 10 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 | 1 |
| 12 000,02 | 12 000,0 | 0,35 | -0,12 | -0,02 | 12 000,0 | 0,35 | -0,12 | -0,02 | 1,5 |
| 15 000,02 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | -0,07 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | -0,07 | 1,5 |

a.m.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 9,60 \times 10^{-4} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{1,06 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 1,73 \times 10^{-6} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error excentrado E_g: Error en caso E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-05-F06 / Diciembre 2015 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Sergio Iván Luendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65574

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-720-2020

Página 1 de 3

| | |
|--|--|
| Expediente | : 196-2020 |
| Fecha de Emisión | : 2021-01-04 |
| 1. Solicitante | : PROYECTOS & CONSTRUCCIONES SILVER S.C.R.L. |
| Dirección | : BARRIO PROFESIONAL LOTE. C-1 - CUSCO - CUSCO |
| 2. Instrumento de Medición | : BALANZA |
| Marca | : OHAUS |
| Modelo | : R31P15 |
| Número de Serie | : 8335450051 |
| Alcance de Indicación | : 15 000 g |
| División de Escala de Verificación (e) | : 0,5 g |
| División de Escala Real (d) | : 0,5 g |
| Procedencia | : CHINA |
| Identificación | : NO INDICA |
| Tipo | : ELECTRÓNICA |
| Ubicación | : LABORATORIO |
| Fecha de Calibración | : 2020-12-29 |

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de PROYECTOS & CONSTRUCCIONES SILVER S.C.R.L.
BARRIO PROFESIONAL LOTE. C-1 - CUSCO - CUSCO

Calibración de
Sólidos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - CIP 85374



PT-05.F08 / Diciembre 2018 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152831

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-720-2020
Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

| | Minima | Máxima |
|------------------|--------|--------|
| Temperatura | 15,8 | 15,8 |
| Humedad Relativa | 68,5 | 68,5 |

6. Trazabilidad

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

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|
| INACAL - DM | Juego de pesas (exactitud F1) | IP-296-2019 |
| | Pesa (exactitud F1) | M-0527-2020 |
| | Pesa (exactitud F1) | M-0526-2020 |

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 15 000,0 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 14 997,5 g para una carga de 15 000,0 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

| INSPECCIÓN VISUAL | | | |
|-------------------|-------|----------------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
| OSCILACIÓN LIBRE | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| PLATAFORMA | TIENE | SIST. DE TRABA | NO TIENE |
| REVELACIÓN | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Temp. 1°C | | | | | |
|------------------------|---------------------|--------|-------|----------------------|--------|-------|
| | Inicial | | | Final | | |
| | 15,8 | 15,8 | | 15,8 | 15,8 | |
| | Carga L1= 7 500,0 g | | | Carga L2= 15 000,0 g | | |
| | I (g) | ΔI (g) | E (g) | I (g) | ΔI (g) | E (g) |
| 1 | 7 500,0 | 0,35 | -0,12 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 |
| 2 | 7 500,0 | 0,40 | -0,17 | 15 000,0 | 0,30 | -0,07 |
| 3 | 7 500,0 | 0,40 | -0,17 | 15 000,0 | 0,45 | -0,22 |
| 4 | 7 500,5 | 0,45 | 0,28 | 15 000,0 | 0,35 | -0,12 |
| 5 | 7 500,0 | 0,30 | -0,07 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 |
| 6 | 7 500,0 | 0,35 | -0,12 | 15 000,0 | 0,35 | -0,12 |
| 7 | 7 500,0 | 0,40 | -0,17 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 |
| 8 | 7 500,5 | 0,35 | 0,38 | 15 000,0 | 0,30 | -0,07 |
| 9 | 7 500,0 | 0,35 | -0,12 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 |
| 10 | 7 500,0 | 0,30 | 0,07 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 |
| Diferencia Máxima | | | | 0,55 | | |
| Error máximo permitido | 1 g | | | 1,5 g | | |

Laboratorio de Pesos y Materiales



PT-08.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Ing. Luis Vargas
Ingeniero Civil - CIP 150676

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com F-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-720-2020
Página: 3 de 3

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 5 |
| 3 | | 4 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Posición de la Carga | Determinación de E ₁ | | | | Determinación del Error corregido | | | | |
|----------------------|---------------------------------|-------|--------|--------------------|-----------------------------------|---------|--------|-------|--------------------|
| | Carga mínima (g) | I (g) | AL (g) | E ₁ (g) | Carga L (g) | I (g) | AL (g) | E (g) | E _c (g) |
| 1 | 5,0 | 5,0 | 0,35 | -0,10 | 5 000,0 | 5 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 |
| 2 | | 5,0 | 0,30 | -0,05 | | 5 000,0 | 0,40 | -0,16 | -0,11 |
| 3 | | 5,0 | 0,45 | -0,20 | | 5 000,5 | 0,45 | 0,29 | 0,49 |
| 4 | | 5,0 | 0,30 | -0,05 | | 5 000,5 | 0,30 | 0,44 | 0,49 |
| 5 | | 5,0 | 0,35 | -0,10 | | 5 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 |

Temp. (°C) Inicial: 15,8 Final: 15,8

Error máximo permitido: ± 1 g

(*) valor entre 0 y 10*

ENSAYO DE PESAJE

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | ± emp. (μ) |
|-------------|------------|--------|-------|--------------------|--------------|--------|-------|--------------------|------------|
| | I (g) | AL (g) | E (g) | E _c (g) | I (g) | AL (g) | E (g) | E _c (g) | |
| 5,00 | 5,0 | 0,35 | -0,10 | -0,05 | 25,0 | 0,35 | -0,10 | 0,00 | 0,5 |
| 25,00 | 25,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 50,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 0,5 |
| 50,00 | 50,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 100,0 | 0,30 | -0,05 | 0,05 | 0,5 |
| 500,00 | 500,0 | 0,35 | -0,10 | 0,00 | 500,0 | 0,40 | -0,15 | -0,05 | 0,5 |
| 1 000,00 | 1 000,0 | 0,45 | -0,20 | -0,10 | 1 000,0 | 0,35 | -0,10 | 0,00 | 0,5 |
| 2 500,00 | 2 500,5 | 0,40 | 0,35 | 0,45 | 2 500,0 | 0,30 | -0,05 | 0,04 | 1 |
| 5 000,01 | 5 000,0 | 0,35 | -0,11 | -0,01 | 5 000,0 | 0,40 | 0,33 | 0,43 | 1 |
| 7 000,02 | 7 000,0 | 0,45 | -0,22 | -0,12 | 7 000,5 | 0,35 | -0,11 | -0,01 | 1 |
| 10 000,01 | 10 000,5 | 0,30 | 0,44 | 0,54 | 10 000,0 | 0,35 | -0,12 | -0,02 | 1,5 |
| 12 000,02 | 12 000,0 | 0,35 | -0,12 | -0,02 | 12 000,0 | 0,40 | -0,17 | -0,07 | 1,5 |
| 15 000,02 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | -0,07 | 15 000,0 | 0,40 | -0,17 | -0,07 | 1,5 |

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 9,60 \times 10^{-4} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{1,06 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 1,73 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga Incrementada E: Error aleatorio E₁: Error en caso E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Sergio Valenzuela Vargha
Ingeniero Civil - C.I.P. 9197*



PI-08-F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

**CERTIFICADO DE EQUIPO
(ESPECTROFOTÓMETRO)**



| Fig. 1.a.1 | Servicio Técnico | Verificación Operacional | MERCK |
|-----------------------|------------------|--------------------------|-------|
| Modelo | Pharo 300 | Verificación Operacional | |
| Marca | Merck | | |
| Modelo | Pharo 300 | | |
| No. Serie | 10708-01-02 | | |
| Ubicación de Servicio | Slab Perú | | |
| Fecha de Verificación | 12 Agosto 2019 | | |

Examinar el equipo y verificar que se realicen los siguientes pruebas:

| No. | Prueba Verificada | Prueba OK |
|-----|---------------------------------|---|
| 1 | Test del Sistema | Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| 2 | Test del Filtro | Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| 3 | Test de Lámpara | Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |
| 4 | Calibración de Longitud de Onda | Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> |

| Fig. 2.a.1 | Servicio Técnico | Verificación Operacional | MERCK |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------|
| Modelo | Pharo 300 & Co. #3 | Verificación Operacional | |
| Marca | Merck | | |
| Modelo | Pharo 300 & Co. #3 | | |
| No. Serie | 10708-01-02 | | |
| Ubicación de Servicio | Slab Perú | | |
| Fecha de Verificación | 12 Agosto 2019 | | |

1- Especificación en Abs. de los Filtros

| | 440.0 nm | 480.0 nm | 540.1 nm | 590.0 nm | 640.0 nm |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| F3 | 0.2728 | 0.2480 | 0.2241 | 0.2010 | 0.1804 |
| F5 | 0.3023 | 0.2800 | 0.2500 | 0.2200 | 0.2015 |
| F4 | 0.3346 | 0.3100 | 0.2800 | 0.2500 | 0.2300 |
| F4 | 0.3317 | 0.3000 | 0.2611 | 0.2300 | 0.2017 |
| F4 | 0.3034 | 0.2700 | 0.2300 | 0.2000 | 0.1700 |

Valores obtenidos con el equipo:

| | 440.0 nm | 480.0 nm | 540.1 nm | 590.0 nm | 640.0 nm |
|----|--|--|--|--|--|
| F3 | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> |
| F5 | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> |
| F4 | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> |

2-Especificación en Longitud de Onda del Filtro F1:

| | 560.0 nm | 480.0 nm | 580.0 nm | 607.0 nm |
|----|----------|----------|----------|----------|
| F1 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Valores obtenidos con el equipo:

| | 560.0 nm | 480.0 nm | 580.0 nm | 607.0 nm |
|----|--|--|--|--|
| F1 | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> |

| Fig. 3.a.1 | Servicio Técnico | Verificación Operacional | MERCK |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------|
| Modelo | Pharo 300 & Co. #3 | Verificación Operacional | |
| Marca | Merck | | |
| Modelo | Pharo 300 & Co. #3 | | |
| No. Serie | 10708-01-02 | | |
| Ubicación de Servicio | Slab Perú | | |
| Fecha de Verificación | 12 Agosto 2019 | | |

3- Especificación en Longitud de Onda del Filtro F2:

| | 560.0 nm | 480.0 nm | 580.0 nm | 607.0 nm |
|----|----------|----------|----------|----------|
| F2 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Valores obtenidos con el equipo:

| | 560.0 nm | 480.0 nm | 580.0 nm | 607.0 nm |
|----|--|--|--|--|
| F2 | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> |

4- Especificación en Longitud de Onda del Filtro F3:

| | 560.0 nm | 480.0 nm | 580.0 nm | 607.0 nm |
|----|----------|----------|----------|----------|
| F3 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Valores obtenidos con el equipo:

| | 560.0 nm | 480.0 nm | 580.0 nm | 607.0 nm |
|----|--|--|--|--|
| F3 | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> | Si <input checked="" type="checkbox"/> |

ING JOSÉ MARCELO TORRES MICHAEL OLIVERA - BLAS
RESPONSABLE CLIENTE


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIAGO
QUÍMICO
CQP. 1337

**CERTIFICADO DE EQUIPO
(MULTIPARÁMETRO)**

DIVISION DE METROLOGIA

Kossodo
El mejor servicio para su laboratorio

Certificado de Calibración
Calibración (origen)

N° CE21-0037

CLIENTE: INSTITUCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IGYT) - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALABAZO (ITC) - CALABAZO, PERÚ

DESCRIPCIÓN: Multiparámetro de laboratorio para análisis de aguas

MODELO: HI 9142

FECHA DE CALIBRACIÓN: 14/03/2024

VALIDEZ: 12 meses

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN: INSTITUCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IGYT) - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALABAZO (ITC) - CALABAZO, PERÚ

LABORATORIO DE ENSAYO E INVESTIGACIÓN: SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. SLAB - CALABAZO, PERÚ

REVISOR: [Firma]

APROBADO: [Firma]

DIVISION DE METROLOGIA

Kossodo
El mejor servicio para su laboratorio

N° CE21-0037

RESUMEN DE CALIBRACIÓN

| Parámetro | Valor | Unidad | Clase | Resolución |
|---------------|--------|--------|-------|------------|
| pH | 7.00 | pH | 0.01 | 0.01 |
| Temperatura | 20.00 | °C | 0.1 | 0.1 |
| Conductividad | 100.00 | µS/cm | 0.1 | 0.1 |
| Cloruros | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Nitratos | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Nitritos | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Amonio | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Fosfatos | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Sulfatos | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Calcio | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Magnesio | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cobalto | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cromo | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cadmio | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cobalto | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cromo | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cadmio | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cobalto | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cromo | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |
| Cadmio | 100.00 | mg/L | 0.1 | 0.1 |

CONDICIONES AMBIENTALES: Temperatura: 20.00 ± 0.1 °C, Humedad: 65 ± 5 %

REQUISITOS DE CALIBRACIÓN DE ACUERDO A LA NORMA: ISO 9001:2015

REVISOR: [Firma]

APROBADO: [Firma]

DIVISION DE METROLOGIA

Kossodo
El mejor servicio para su laboratorio

N° CE21-0037

RESUMEN DE CALIBRACIÓN

CONDICIONES AMBIENTALES: Temperatura: 20.00 ± 0.1 °C, Humedad: 65 ± 5 %

REQUISITOS DE CALIBRACIÓN DE ACUERDO A LA NORMA: ISO 9001:2015

REVISOR: [Firma]

APROBADO: [Firma]


DIEGO ROMANO VIRGARAY CARRASCO
QUÍMICO
CQP. 1337

CERTIFICADO DE EQUIPO (BALANZA)

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL COMITÉ PERUANO DE Acreditación NACIONAL - CPA CON REGISTRO N° LC - 008

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

N° R021-C-038

CLIENTE: INSTITUTO DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. (I.S.A.C.)
DIRECCIÓN: Calle San Martín 1021 - San Martín de Porres, Lima
CONTACTO: Gerente General - Sr. Diego Román Vergara d'Arrigo

DESCRIPCIÓN: Balanza de Precisión
Modelo: OHAUS N1111
Marca: OHAUS
Fecha de Emisión: 05/11/2020
Fecha de Validación: 05/11/2020
Fecha de Expiración: 05/11/2021
Medida: Masa (g)
Comprobación: 0.01 g
Repetibilidad: 0.01 g
Linealidad: 0.01 g
Resolución: 0.01 g
Características de Referencia: 1 kg (1) Clase II (Especial de Precisión) - OIML

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE USO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%

RECOMENDACIONES: La balanza debe ser utilizada en un ambiente controlado de temperatura y humedad, evitando vibraciones y corrientes de aire. Se debe mantener limpia y libre de polvo. Se recomienda calibrarla regularmente.

REVISOR: [Firma] [Firma] [Firma]

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL COMITÉ PERUANO DE Acreditación NACIONAL - CPA CON REGISTRO N° LC - 008

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

N° R021-C-038

CLIENTE: INSTITUTO DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. (I.S.A.C.)
DIRECCIÓN: Calle San Martín 1021 - San Martín de Porres, Lima
CONTACTO: Gerente General - Sr. Diego Román Vergara d'Arrigo

DESCRIPCIÓN: Balanza de Precisión
Modelo: OHAUS N1111
Marca: OHAUS
Fecha de Emisión: 05/11/2020
Fecha de Validación: 05/11/2020
Fecha de Expiración: 05/11/2021
Medida: Masa (g)
Comprobación: 0.01 g
Repetibilidad: 0.01 g
Linealidad: 0.01 g
Resolución: 0.01 g
Características de Referencia: 1 kg (1) Clase II (Especial de Precisión) - OIML

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE USO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%

RECOMENDACIONES: La balanza debe ser utilizada en un ambiente controlado de temperatura y humedad, evitando vibraciones y corrientes de aire. Se debe mantener limpia y libre de polvo. Se recomienda calibrarla regularmente.

REVISOR: [Firma] [Firma] [Firma]

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL COMITÉ PERUANO DE Acreditación NACIONAL - CPA CON REGISTRO N° LC - 008

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

N° R021-C-038

CLIENTE: INSTITUTO DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. (I.S.A.C.)
DIRECCIÓN: Calle San Martín 1021 - San Martín de Porres, Lima
CONTACTO: Gerente General - Sr. Diego Román Vergara d'Arrigo

DESCRIPCIÓN: Balanza de Precisión
Modelo: OHAUS N1111
Marca: OHAUS
Fecha de Emisión: 05/11/2020
Fecha de Validación: 05/11/2020
Fecha de Expiración: 05/11/2021
Medida: Masa (g)
Comprobación: 0.01 g
Repetibilidad: 0.01 g
Linealidad: 0.01 g
Resolución: 0.01 g
Características de Referencia: 1 kg (1) Clase II (Especial de Precisión) - OIML

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE USO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%

RECOMENDACIONES: La balanza debe ser utilizada en un ambiente controlado de temperatura y humedad, evitando vibraciones y corrientes de aire. Se debe mantener limpia y libre de polvo. Se recomienda calibrarla regularmente.

REVISOR: [Firma] [Firma] [Firma]

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL COMITÉ PERUANO DE Acreditación NACIONAL - CPA CON REGISTRO N° LC - 008

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

N° R021-C-038

CLIENTE: INSTITUTO DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C. (I.S.A.C.)
DIRECCIÓN: Calle San Martín 1021 - San Martín de Porres, Lima
CONTACTO: Gerente General - Sr. Diego Román Vergara d'Arrigo

DESCRIPCIÓN: Balanza de Precisión
Modelo: OHAUS N1111
Marca: OHAUS
Fecha de Emisión: 05/11/2020
Fecha de Validación: 05/11/2020
Fecha de Expiración: 05/11/2021
Medida: Masa (g)
Comprobación: 0.01 g
Repetibilidad: 0.01 g
Linealidad: 0.01 g
Resolución: 0.01 g
Características de Referencia: 1 kg (1) Clase II (Especial de Precisión) - OIML

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE USO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Temperatura ambiente: 23 ± 0.5 °C, Humedad relativa: 50 ± 5%

RECOMENDACIONES: La balanza debe ser utilizada en un ambiente controlado de temperatura y humedad, evitando vibraciones y corrientes de aire. Se debe mantener limpia y libre de polvo. Se recomienda calibrarla regularmente.

REVISOR: [Firma] [Firma] [Firma]

[Firma manuscrita]
Diego Román Vergara d'Arrigo
 QUÍMICO
 CQP. 1337

ANEXO 6: RESULTADOS DE LABORATORIO



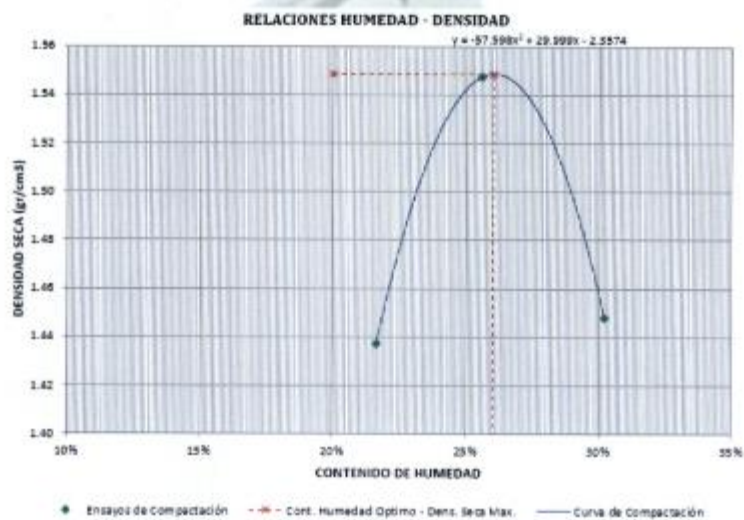
Laboratorio de Suelos y Materiales
PROYCON SILVER S.C.R.L.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE MEJORAMIENTO
DE SUB RASANTE.

INFORME TÉCNICO N° 2108-3142 A

PROYECTO

**"EFECTO DEL MUCILAGO DE CACTUS SAN PEDRO ECHINOPSIS PACHANOI EN
LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CASO: CARRETERA HUILCARPAY – DISTRITO DE
SAN SEBASTIÁN - CUSCO"**



SOLICITANTE : JESUS HUAMAN ROCA-MARCO ANTONIO REAÑO QUISPE

RESPONSABLE : SERGIO I. LIENDO VARGAS
INGENIERO CIVIL
CIP 65074

UBICACIÓN : Lugar : Carretera Huilcarpay
Distrito : San Sebastián
Provincia : Cusco.
Departamento : Cusco.

AGOSTO 2021

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



1. OBJETIVOS Y FINES

Los objetivos y fines del presente informe corresponden a determinar la clasificación SUCS, clasificación AASHTO, las características físico-mecánicas, tales como: densidad seca máxima, contenido de humedad óptimo, capacidad de soporte (CBR), etc. del material de **SUB-RASANTE**. Además de verificar si estos materiales cumplen con lo mínimo establecido por la norma para ser utilizado como material de **SUB-RASANTE**. Para tal fin se debe realizar pruebas de laboratorio tales como: contenido de humedad natural, límite líquido, límite plástico, análisis granulométrico, relaciones humedad – densidad (Proctor Modificado) y relación de soporte de California (CBR).

2. CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO.

Las carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, se estructuran como carreteras de bajo costo. Consecuentemente, tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra; considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para periodos de vida útil, de corto, mediano y largo plazo.

Con estos requerimientos básicos, los estudios de geología incluirán un diagnóstico que comprenda consultas a los pobladores, a la autoridad vial competente y a su personal técnico. Asimismo un reconocimiento e inspección de campo siguiendo el trazo probable del eje de la carretera, para detectar o certificar la presencia o total ausencia de problemas geológicos activos en la ruta y/o en el trazo vial materia de estudio, que pudieran en algún caso afectar las características del proyecto tales como problemas de inestabilidad de taludes, fallas localizadas por las que se filtra el agua de lluvias hacia el subsuelo, presencia de afloramientos de aguas subterráneas, erosiones por acción de los ríos, inclinación de los árboles en las laderas, zonas de caídas de rocas sobre la carretera existente, el sentido de las formaciones rocosas que podrían desestabilizarse y otros problemas de naturaleza geodinámica que ocasionen fallas en la plataforma y taludes de la carretera.

El estudio determinará las características geológicas del terreno a lo largo del trazo definitivo y de las fuentes de materiales (canteras), definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas tanto de rocas como de suelos y el grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir.

2.1. TIPOS DE PAVIMENTOS

Por sus capas superiores y superficie de rodadura las carreteras pueden ser clasificados como sigue:

1. Con superficie de rodadura no pavimentada (No aplicable a este informe)
2. Con superficie de rodadura pavimentada.
 - a) Pavimentos flexibles.
 - a.1) Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie bituminosa de espesor variable menor a 25 mm, como son los tratamientos superficiales bicapa y tricapa.
 - a.2) Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa bituminosa de espesor variable mayor a 25 mm, como son las carpetas asfálticas en frío y en caliente.

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Señor *Gerardo Vargas*
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



- b) Pavimentos semi-rígidos: conformados con solo capas asfálticas (full depth) o por adoquines de concreto sobre una capa granular, cuando la necesidad lo justifique el uso de estos pavimentos el proyectista deberán recurrir a los manuales de diseño correspondiente.
- c) Pavimentos rígidos: conformado por losa de concreto hidráulico o cemento Portland sobre una capa granular; cuando la necesidad lo justifique el uso de estos pavimentos el proyectista deberá recurrir a los manuales AASHTO o similares.

2.2. SUELO DE FUNDACIÓN

En la medida en que el trazo del proyecto avanza, se irán realizando los estudios de la calidad de la sub-rasante sobre la que se asentará la pavimentación.

Se denomina suelo de fundación a la capa del suelo bajo la estructura del pavimento, preparada y compactada como fundación para el pavimento. Se trata del terreno natural o la última capa del relleno de la plataforma sobre la que se asienta el pavimento. La caracterización de los suelos para esta capa de fundación se basará en los siguientes aspectos:

2.2.1. METODOLOGÍA

La metodología a seguir para la caracterización del suelo de fundación comprenderá básicamente una investigación de campo a lo largo de la vía, mediante la ejecución de pozos exploratorios (calicatas), con obtención de muestras representativas en número y cantidades suficientes para su posterior análisis en ensayos en laboratorio y, finalmente, con los datos obtenidos en ambas fases se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos.

A continuación se procede a describir el plan de trabajo a desarrollar en cada etapa:

2.2.1.1. TRABAJO DE CAMPO

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub-rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima (respecto del nivel de sub-rasante del proyecto; con un mínimo de 3 calicatas por kilómetro, ubicadas longitudinalmente a distancias aproximadamente iguales y en forma alternada (izquierda-derecha) dentro de una faja de hasta 5m a ambos lados del eje del trazo, preferentemente al borde de la futura calzada.

Si a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o de trazo muestran, por ejemplo, cambios en el perfil de corte a terraplén o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos, se deben ejecutar más calicatas por kilómetro en puntos singulares.

También se determinará la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napas freáticas, rellenos sanitarios de basura, etc., en cuyo caso las calicatas deben ser más profundas, delimitando el sector de sub-rasante inadecuada que requerirá reemplazo del material, mejoramiento o estabilización de sub-rasante a fin de homogenizar su calidad a lo largo del alineamiento de la carretera. En este caso, los valores representativos resultado de los ensayos será sólo válida para el respectivo sector.

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación, número de muestra y profundidad, luego serán colocadas en bolsas de polietileno



para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada una de las capas del sub-suelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales.

2.2.1.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Todas las muestras representativas obtenidas de los estratos de las calicatas del suelo de fundación deberán contar con los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado.
- Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad.
- Clasificación SUCS.
- Clasificación AASHTO.
- Humedad Natural.
- Proctor Modificado.
- C.B.R.¹

2.2.2. CBR DE LA SUB-RASANTE

Serán estudiados para la determinación de la CBR de la sub-rasante, las capas superficiales de terreno natural o capa de la plataforma en relleno, constituida por los últimos 1.50 m de espesor debajo del nivel de la sub-rasante proyectada, salvo que los planos del proyecto o las especificaciones especiales indiquen un espesor diferente.

Los suelos de sub-rasante se clasifican como:

Según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos

1. **Excelente a Bueno.** Los suelos de sub-rasante Excelentes no se ven afectados por la humedad o por el congelamiento. Ellos incluyen arenas o gravas limpias y angulosas, particularmente aquellas que son bien graduadas. Propiedades típicas: Módulo Resiliente ≥ 170 MPa (25,000 psi), **CBR $\geq 17\%$** . Los suelos **de sub-rasante Buenos** retienen una cantidad sustancial de su capacidad de soportar cargas cuando están húmedos. Incluyen las arenas limpias, arenas con gravas y suelos libres de cantidades perjudiciales de materiales plásticos. Propiedades típicas: 80 MPa (12,000 psi) < Módulo Resiliente < 170 MPa (25,000 psi); **8% < CBR < 17%**.
2. **Regular,** los suelos de sub-rasante son moderadamente estables bajo condiciones adversas de humedad. Incluye suelos como arenas eólicas, arenas limosas y arenas gravosas que contienen cantidades moderadas de arcillas y limos. Propiedades típicas: 30 MPa (4,500 psi) < Modulo Resiliente < 80 MPa (12,000 psi) y **3% < CBR < 8%**
3. **Pobre,** Suelos blandos y plásticos cuando están húmedos. Incluyen suelos con cantidades apreciables de arcillas y limos. Los limos gruesos y arenas eólicas arenosas también pueden mostrar pobres capacidades portantes en áreas donde la penetración por helada dentro de la sub-rasante es un factor. Propiedades típicas: Modulo Resiliente. 30 MPa (4,500 psi), **CBR $\leq 3\%$** .

Manual de Carretera – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección: Suelos y Pavimentos

¹ Por cada tipo de suelo representativo y como control uno cada 2 km de máximo espaciamiento



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

2.2.3. SECTORES DE CARACTERÍSTICAS HOMOGÉNEAS

Para efectos del diseño de la estructura del pavimento se definirán sectores homogéneos donde, a lo largo de cada uno de ellos, las características del material del suelo de fundación o de la capa de sub-rasante se identifiquen como uniforme. Dicha uniformidad se establecerá sobre la base de las características físico-mecánicas de los suelos (Clasificación, plasticidad). El proceso de sectorización requiere de análisis y criterio del proyectista.

Para la identificación de los sectores de características homogéneas, se realizará un programa de prospecciones y ensayos, estableciendo una estrategia para efectuar el programa exploratorio y, a partir de ello, se ordenará la toma de las muestras necesarias de cada perforación, de manera de poder evaluar aquellas características que siendo determinantes en su comportamiento, resulten de sencilla e indiscutible determinación.

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

2.2.3.1. GRANULOMETRÍA

A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

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 |

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



2.2.3.2. PLASTICIDAD

No depende de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

A través de este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, y de los 5 límites determinados por Atterberg, los más importantes son: el límite líquido (LL) determinado según norma MTC E 110 - 2000, el límite plástico (LP) determinado según norma MTC E 111 - 2000 y el límite de contracción (LC) determinación norma MTC E 112 - 2000.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

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

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

2.2.3.3. ÍNDICE DE GRUPO

Es un índice adoptado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (a^*c) + 0.01 (b*d)$$

Donde:

- a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz 200 -74 micras). Expresado por un número positivo comprendido entre 0 y 40.
- b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz 200 -74 micras). Expresado por un número positivo comprendido entre 0 y 40.
- c = LL - 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número positivo comprendido entre 0 y 20.
- d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número positivo comprendido entre 0 y 20.


Laboratorio de Suelos y Materiales
Gerardo Vargas
Ingeniero Civil - C.A.P. 65074



El índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual a 20, es un suelo no utilizable para carreteras.

Si el suelo de sub-rasante tiene:

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 |

2.2.3.4. HUMEDAD NATURAL

Otra característica importante de los suelos es su humedad natural pues la resistencia de los suelos de sub-rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten. Se determinará mediante la norma MTC E 108.

La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos proctor para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el especialista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado.

2.2.3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el cuadro. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y ASTM:

 Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65974



Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

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

2.2.3.6. CBR

Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras con tránsito mayor a 100 vehículos por día, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54mm.

Para calcular el Valor Soporte Relativo del suelo de fundación, se efectuarán ensayos de California Bearing Ratio (CBR) para cada tipo de suelo y de control cada 2 km de espaciamiento como máximo.

Para la obtención del valor CBR diseño, se debe considerar lo siguiente:

- 1) Cuando existan 6 o más valores de CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, determinar el valor de CBR de diseño en base al percentil 75%, valor que es el menor al 75% del total de los valores analizados.
- 2) Cuando existan menos de 6 valores de CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, considerar lo siguiente:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (más bajo).
- 3) Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a qué categoría de sub-rasante pertenece el sector o sub-tramo.

2.2.4. OTRAS CONSIDERACIONES

- 1) En caso la sub-rasante sea clasificada como pobre (CBR < 3%), se procederá a eliminar el material inadecuado y reemplazarlo por un material adecuado para sub-rasante.





- 2) En caso de encontrarse suelos saturados o blandos, o napa freática alta (cercana al nivel de sub-rasante), el proyectista definirá las medidas de estabilización (cambio de material, adición de roca, pedraplen, etc.), especificando material relativamente permeable y diseñando los elementos de drenaje y/o sub-drenaje que permitan drenar el agua.
- 3) Para el diseño y los trabajos propiamente de pavimentación deberán tomarse en cuenta las recomendaciones y condiciones del diseño del drenaje, según los criterios establecidos en el "CAPÍTULO 4 HIDROLOGÍA Y DRENAJE" del "MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO".
- 4) En zonas sobre los 3,000 msnm se evaluará la acción de las heladas en los suelos, en general la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Si la profundidad de la napa freática es mayor a 1.50 m, la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la sub-rasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la sub-rasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante, con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario.
- 5) Con excepción de los suelos de fundación permeables, debe proyectarse el sub-drenaje de la estructura del pavimento, considerando como capa drenante la base granular, o la sub-base granular, o ambas, bien mediante subdrenes o prolongando la capa drenante hasta los taludes de los terraplenes o cunetas. Asimismo, deben darse pendientes transversales mínimas a la sub-rasante, sub-base y base granular.

Los sub-drenes que deben proyectarse para interceptar filtraciones o rebajar un nivel freático elevado, pueden también utilizarse para drenar la estructura del pavimento.

Cuando el suelo de fundación o de la capa de sub-rasante sea arcilloso o limoso y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material filtrante de 10 cm. de espesor, como mínimo.

3. NORMAS APLICADAS AL PRESENTE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

El Estudio de Suelos se ha desarrollado siguiendo los lineamientos y recomendaciones que están contenidos en el "MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES PARA CARRETERAS (EM-2016)", aprobado mediante RD N° 022-2013-MTC/14 que incluyen las normas de la ASTM (American Society for Testing Materials), la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Para la interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio e in-situ, y verificar si los materiales cumplen con los requerimientos mínimos establecidos por la norma se utilizaron 3 referencias:

- 1) Manual de carreteras Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección: Suelos y Pavimentos
- 2) Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras [EG - 2013], aprobado mediante RD N° 1146-2000-MTC/15.17, realizado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones



- 3) Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (del Reglamento Nacional de Edificaciones) realizado por el Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento.

4. LISTA DE NORMAS UTILIZADAS:

- | | |
|---|--------------|
| • Muestreo de Suelos y Rocas | MTC E 101 |
| • Reducción de muestras de campo a muestras de ensayo | MTC E 103 |
| • Conservación y Transporte de muestras de suelos | MTC E 104 |
| • Obtención en laboratorio de muestras representativas | MTC E 105 |
| • Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado | MTC E 107 |
| • Contenido de Humedad de un suelo | MTC E 108 |
| • Determinación del Límite Líquido de los Suelos | MTC E 110 |
| • Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad | MTC E 111 |
| • Gravedad Específica de los Suelos | MTC E 113 |
| • Relaciones Humedad - Densidad (Próctor modificado) | MTC E 115 |
| • Relación de Soporte de California (CBR) | MTC E 132 |
| • Clasificación de Suelos según SUCS | ASTM D-2487 |
| • Clasificación de suelos según AASHTO | AASHTO M-145 |



PROYCON SILVER S.C.R.L. Laboratorio de Suelos y Materiales
Sergio Fran Liendo Vargas
Ingeniero Civil - CLP 0074



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ❖ Los resúmenes de los resultados se muestran en los cuadros adjuntos, dejando al proyectista determinar la mejor intervención acorde a la importancia y Transitabilidad de la vía.

| DENSIDAD DEL MUCILAGO | |
|-----------------------|--------------------------|
| | 1.011 gr/cm ³ |

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA M-01

| N° DE CALICATA | HUMEDAD NATURAL | LIMITE DE CONSISTENCIA | | | CLASIFICACION | | PRÓCTOR MODIFICADO | | CBR AL 100% DE LA DSM (SATURADO) | CBR AL 95% DE LA DSM (SATURADO)* |
|----------------|-----------------|------------------------|--------|--------|---------------|------------|-------------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO | DSM | CHO | | |
| | | | | | | | | | | |
| - | 31.7% | 75.85% | 39.80% | 36.05% | MH | A-7-5 (20) | 1.55 gr/cm ³ | 26.04% | 2.35% | 2.18% |

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA M-02

| N° DE CALICATA | HUMEDAD NATURAL | LIMITE DE CONSISTENCIA | | | CLASIFICACION | | PRÓCTOR MODIFICADO | | CBR AL 100% DE LA DSM (SATURADO) | CBR AL 95% DE LA DSM (SATURADO)* |
|----------------|-----------------|------------------------|-----|-----|---------------|--------|--------------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO | DSM | CHO | | |
| | | | | | | | | | | |
| - | 11.42% | N.P | N.P | N.P | SM | A-4(3) | ----- | ----- | ----- | ----- |



RESUMEN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA M-01 CON MUCILAGO AL 30%

| N° DE CALICATA | HUMEDAD NATURAL | LIMITES DE CONSISTENCIA | | | CLASIFICACION | | PRÓCTOR MODIFICADO | | CBR AL 100% DE LA DSM (SATURADO) | CBR AL 95% DE LA DSM (SATURADO)* |
|----------------|-----------------|-------------------------|--------|--------|---------------|------------|--------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO | DSM | CHO | | |
| | | | | | | | | | | |
| - | 31.7% | 55.27% | 27.43% | 27.84% | CH | A-7-6 (18) | 1.47 gr/cm3 | 24.26% | 4.17% | 3.98% |

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA M-01 CON MUCILAGO AL 60%

| N° DE CALICATA | HUMEDAD NATURAL | LIMITES DE CONSISTENCIA | | | CLASIFICACION | | PRÓCTOR MODIFICADO | | CBR AL 100% DE LA DSM (SATURADO) | CBR AL 95% DE LA DSM (SATURADO)* |
|----------------|-----------------|-------------------------|--------|--------|---------------|------------|--------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO | DSM | CHO | | |
| | | | | | | | | | | |
| - | 31.7% | 58.56% | 29.71% | 28.84% | CH | A-7-6 (19) | 1.54 gr/cm3 | 27.71% | 5.23% | 4.87% |

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA M-01 CON MUCILAGO AL 90%

| N° DE CALICATA | HUMEDAD NATURAL | LIMITES DE CONSISTENCIA | | | CLASIFICACION | | PRÓCTOR MODIFICADO | | CBR AL 100% DE LA DSM (SATURADO) | CBR AL 95% DE LA DSM (SATURADO)* |
|----------------|-----------------|-------------------------|--------|--------|---------------|------------|--------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO | DSM | CHO | | |
| | | | | | | | | | | |
| - | 31.7% | 58.66% | 27.79% | 30.87% | CH | A-7-6 (20) | 1.45 gr/cm3 | 27.72% | 7.82% | 7.45% |

*Para el caso de la Sub Rasonite se considerará el CBR al 95% de la Densidad Seca Máxima del Ensayo del Próctor Modificado y para los casos de Bobe y Sub Base se considerará el CBR al 100% de la Densidad Seca Máxima del Ensayo del Próctor Modificado.





- ❖ Los resultados de los ensayos determinan que los materiales se categorizan, como se muestra en la tabla adjunta.

| MUESTRA | CATEGORIA SUB-RASANTE SEGÚN LA NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS | CATEGORIA SUB-RASANTE SEGÚN Manual de Carretera – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección: Suelos y Pavimentos |
|---------------------------|--|--|
| M-01 | Sub-Rasante Pobre | Sub-Rasante Inadecuado |
| M-01 CON MUCILAGO AL 30 % | Sub-Rasante Regular | Sub-Rasante Pobre |
| M-01 CON MUCILAGO AL 60 % | Sub-Rasante Regular | Sub-Rasante Pobre |
| M-01 CON MUCILAGO AL 90 % | Sub-Rasante Regular | Sub-Rasante Regular |

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.
- ❖ Los materiales correspondientes para la conformación de la sub rasante deben ser compactados, como mínimo, al 95% de su densidad máxima seca obtenida en el ensayo del proctor modificado.
- ❖ Compactar con humedad óptima para obtener la densidad máxima, y así lograr un mejor comportamiento del material.


Laboratorio de Suelos y Materiales
Sergio Juan Tienda Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 85074



6. REFERENCIAS.

- 1) Norma Técnica Peruana CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.
- 2) Exploración Geotécnica (1987).
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
- 3) A. Terzaghi Karl. And Peck. R. B (1967)
"soil mechanics engineering practice", John Wiley and Sons, New York.
- 4) Yves Lacroix and H.M. Hrn (1967)
"Direct Determination and Indirect Evaluation of Relative Density and Its Use on Earthwork Construction Projects"
- 5) Vesic, A.S (1973)
"Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, Revista Ingeniería Vol XLII N° 1 Mexico D.F"
- 6) Juárez Eulalio Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. "Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos" Tomo II"
- 7) Ralph B. Peck. Hanson (1982). "Ingeniería de Cimentaciones"
- 8) Mecánica de Suelos Y Cimentaciones
George B. Sowers - George F. Sowers.
- 9) Manuel Delgado Vargas.
"Ingeniería de Cimentaciones" (Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico).
- 10) José Rodríguez Ortiz: "Curso Aplicado de Cimentaciones" (6ta. Edición Madrid)
- 11) Joseph E. Bowles: "Manual de Laboratorio de Suelos y Cimentaciones".
- 12) Braja M. Das. Principios de Ingeniería de Cimentaciones.
- 13) Carlos Crespo Villalaz. "Mecánica de Suelos y Cimentaciones".
- 14) Jorge E. Alva Hurtado - ICG. "Diseño de cimentaciones".



Laboratorio de
Suelos y Materiales
Sergio Delgado Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 60014



Laboratorio de Suelos y Materiales
PROYCON SILVER S.C.R.L.



CÁLCULOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO



PRO&CON SILVER S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- San Sebastian - Urb. Licencados L-3, Telf: 004-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del mucilago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilizacion de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: JESUS HUAMAN ROCA-MARCO ANTONIO REAÑO QUISPE

Muestra: Mucilago

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021.

DENSIDAD DEL MUCILAGO

MTC E 205 - 2016, Basado en la Norma ASTM C-128 y AASHTO T-84

| DATOS DEL ENSAYO | MUESTRA 01 |
|---|------------|
| Número de Picnómetro | 1 |
| Volumen del Picnómetro (ml) | 500 |
| Peso del Picnómetro (gr) | 454.87 |
| Peso del Picnómetro + Muestra (gr) | 670.97 |
| Temperatura del Agua (°C) | 15.0 |
| Peso del Picnómetro + Agua (gr) | 668.97 |
| Peso del Agua (gr) | 214.10 |
| Peso de la Muestra (gr) | 216.10 |
| Peso Especifico a Temperatura de Ensayo (gr/cm ³) | 1.009 |
| Factor de corrección por Temperatura | 1.0014995 |
| Peso Especifico (gr/cm ³) | 1.011 |



PESO ESPECÍFICO = 1.01 gr/cm³

 Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Iván Luciano Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

- San Sebastian - Urb. Licenciados L-3, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del musilago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilizacion de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesús Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 15.55 | 15.40 | 15.12 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 76.12 | 78.20 | 74.70 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 61.90 | 63.20 | 59.90 |
| Peso del Agua (gr) | 14.22 | 15.00 | 14.80 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 46.35 | 47.80 | 44.78 |
| Contenido de Humedad | 30.68% | 31.38% | 33.05% |



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 31.70%

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Lucio Vargay
Ingeniero Civil - CLR 68074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- San Sebastián - Urb. Licenciados L-3, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Efecto del mustlago de cartus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Establacion de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay

Proyecto: 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastián - Cusco

Solicitud: Jesus Human Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Golpes | 40 | 32 | 24 | 16 |
| Peso de Capsula (gr) | 6.46 | 7.99 | 8.03 | 9.30 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 31.82 | 25.31 | 27.42 | 29.41 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 21.53 | 17.97 | 18.98 | 20.39 |
| Peso del Agua (gr) | 10.29 | 7.34 | 8.44 | 9.02 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 15.07 | 9.98 | 10.95 | 11.09 |
| Contenido de Humedad | 68.28% | 73.55% | 77.08% | 81.33% |



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 11.67 | 8.12 | 9.47 | 9.09 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 17.00 | 13.52 | 15.86 | 15.14 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 15.47 | 11.97 | 14.00 | 13.47 |
| Peso del Agua (gr) | 1.53 | 1.55 | 1.86 | 1.67 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 3.85 | 3.85 | 4.53 | 4.38 |
| Contenido de Humedad | 39.74% | 40.26% | 41.06% | 38.13% |



| |
|--------------------------------|
| LÍMITE LÍQUIDO = 75.85% |
| LÍMITE PLÁSTICO = 39.80% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 36.05% |

Laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Teón Lucendo Vargas
Ingeniero Civil - C.A.P. 60074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - San Sebastián - Urb. Licenciados L-3, Tel: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del muslago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos. Caso: Carretera Huilcarpay 2021
 Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastián - Cusco
 Solista: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quipe
 Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1
 Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

| MATERIAL NO LAVADO | |
|-----------------------------------|-----------|
| Peso total de la muestra = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción no lavada = | 0.00 gr |
| Peso de la fracción para lavado = | 708.25 gr |

| FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO | |
|--|-----------|
| Peso de la fracción antes del lavado = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción después de lavar = | 3.96 gr |
| % de la fracción lavada = | 100.00% |

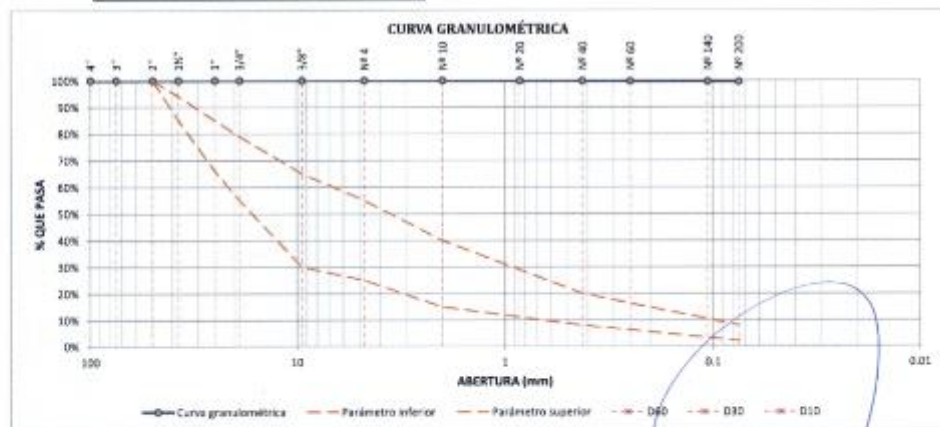
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|------------|
| 4" | 100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1½" | 37.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| ¾" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| ⅜" | 9.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 4 | 4.75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 10 | 2 | 0.54 | 13.64% | 0.25% | 13.88% | 0.08% | 0.08% | 99.92% |
| Nº 20 | 0.850 | 0.79 | 19.95% | 0.36% | 20.31% | 0.11% | 0.19% | 99.81% |
| Nº 40 | 0.425 | 0.44 | 11.31% | 0.20% | 11.31% | 0.05% | 0.25% | 99.75% |
| Nº 60 | 0.250 | 0.33 | 8.33% | 0.15% | 8.48% | 0.05% | 0.30% | 99.70% |
| Nº 140 | 0.106 | 1.05 | 26.52% | 0.48% | 26.99% | 0.15% | 0.45% | 99.55% |
| Nº 200 | 0.075 | 0.65 | 16.41% | 0.30% | 16.71% | 0.09% | 0.55% | 99.45% |
| Cazuela | - | 0.09 | 2.27% | 0.04% | 2.31% | 0.01% | 0.56% | - |
| Lavado | - | 704.29 | - | - | - | 99.44% | 100.00% | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 3.89 | 98.23% | 1.77% | 100.00% | 0.56% | - | - |
| Total | | 708.18 | %Error = 1.77% OK! | - | - | 100.00% | - | - |

Gradación: A

| TAMIZ Nº | LIM. INFERIOR | LIM. SUPERIOR |
|-------------------|---------------|---------------|
| 2" [50 mm] | 100% | 100% |
| 1½" [37.5 mm] | 85% | 94% |
| 1" [25 mm] | 66% | 85% |
| ¾" [19 mm] | 55% | 79% |
| ⅜" [9.5 mm] | 30% | 65% |
| Nº 4 [4.75 mm] | 25% | 55% |
| Nº 10 [2 mm] | 15% | 40% |
| Nº 40 [0.425 mm] | 8% | 20% |
| Nº 200 [0.075 mm] | 5% | 8% |

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra
 % de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 0.00%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 99.55%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 99.45%
 Total: 100.00%

Fracción Gruesa
 % de grava = 0.00%
 % de arena = 100.00%
 Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = Nº 4

Tamaño Máximo Nominal = N/A

| |
|---------|
| D60 = - |
| D30 = - |
| D10 = - |

| |
|--------|
| Cu = - |
| Cc = - |



Ing. **Luís Vargas**
 Ingeniero Civil - C.I.P. 66274

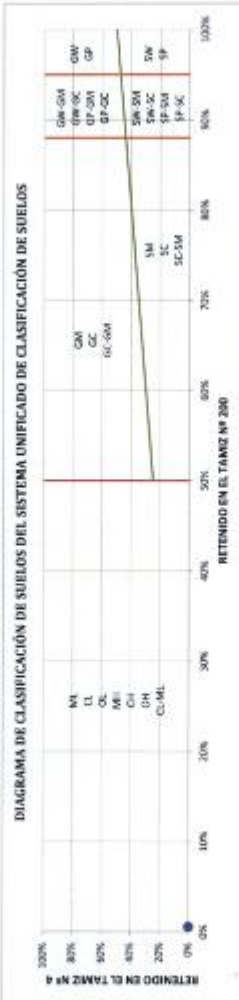


PROSCON S.C.R.L.

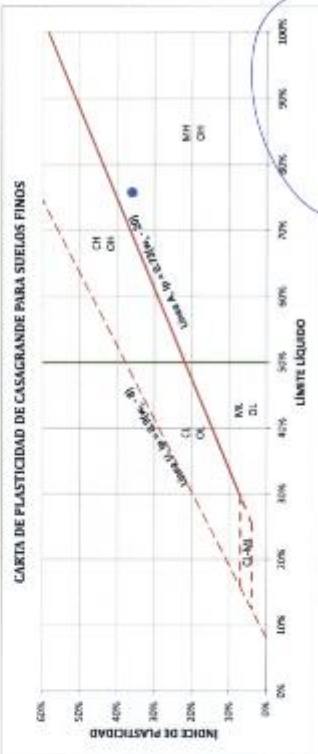
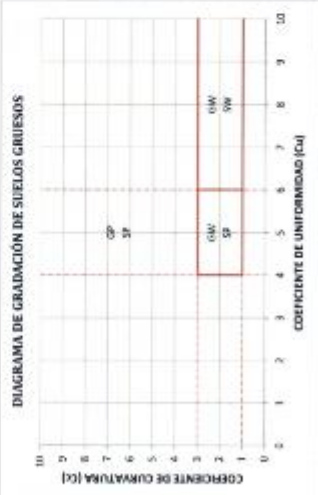
- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - San Sebastián - Urb. Liceranostados L-3, Tel# 084-2547730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700
 Proyecto: Efecto del muestreo de cactus San Pedro Echazapa Páramo en Estabilización de Suelos, Caso Carretera Hukilapay 2021
 Ubicación: Carretera Hukilapay - Div. San Sebastián - Cuzco
 Subida: Avda. Huamán Inca - Marco Antonio Resayo Góngor
 Muestra: Carretera Hukilapay - Muestra 1
 Fecha: Lima, 28 de agosto de 2021.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-7487



| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|----------------------------|--|
| De Granulometría | |
| % de Grava = 0.55% | |
| % de Fines = 99.45% | |
| Factor = 100.00% | |
| % de Grava = 0.00% | |
| % de Arena = 0.55% | |
| Total = 0.55% | |
| Fracción Líquida | |
| % de Grava = 0.00% | |
| % de Arena = 100.00% | |
| Total = 100.00% | |
| Coeficientes | |
| C _u = 1 | |
| C _l = 1 | |
| De Límites de Consistencia | |
| LL = 75.85% | |
| LP = 19.80% | |
| IP = 56.05% | |
| Otros Datos | |
| Uso = Inorgánico | |



MH = Límite elástico

El Equipo Ideal de Construcción que recomendamos la ASTM para este tipo de suelo es: Bedón de neumáticos, rodillo de plato de cobre



Sergio Ivan Llamas Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.R. 68214



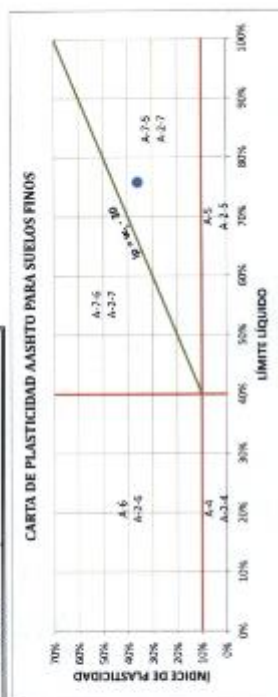
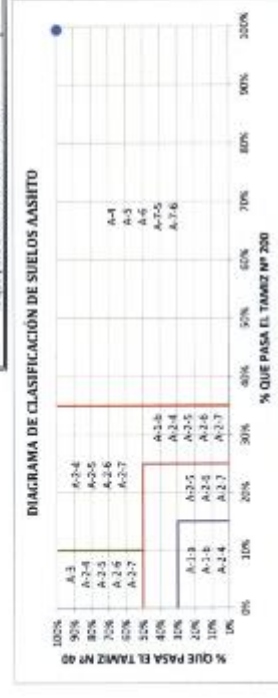
PROMCON S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - San Sebastián - Urb. Lluercadaes L-3, Tel# 004-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del muestreo de cactus San Pedro Echinospis Pachanal en Estabilizaciones de Suelos, Caso: Carriera Hualcarpay 2021
 Ubicación: Carriera Hualcarpay - Dist. San Sebastián - Cuzco
 Solicita: Jesús Huaman Roca - Marco Antonio Rojfo Quijse
 Muestra: Carriera Hualcarpay Muestra 1
 Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO
 AASHTO M-145

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| De Granulometría | De Límites de Consistencia |
| % que pasa el tamiz Nº 10 = 99.92% | LL = 75.85% |
| % que pasa el tamiz Nº 40 = 99.75% | LP = 39.80% |
| % que pasa el tamiz Nº 200 = 99.45% | IP = 36.05% |



| CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO | |
|-----------------------------|--|
| F = 99.45 | F = Porcentaje de partículas más finas que pasan el tamiz Nº 200 |
| w _L = 75.85 | w _L = Límite líquido |
| Ip = 36.05 | Ip = Índice de plasticidad |

| | | |
|-------------------------|-----------|-----------|
| a = F - 35 | a = 64.45 | b = 40.00 |
| b = F - 15 | b = 84.45 | b = 40.00 |
| c = w _L - 40 | c = 35.85 | c = 36.00 |
| d = Ip - 10 | d = 26.05 | d = 26.00 |

$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$
 $IG = 20$

A-7.5 [20] = Las arcillas y limos más plásticos



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

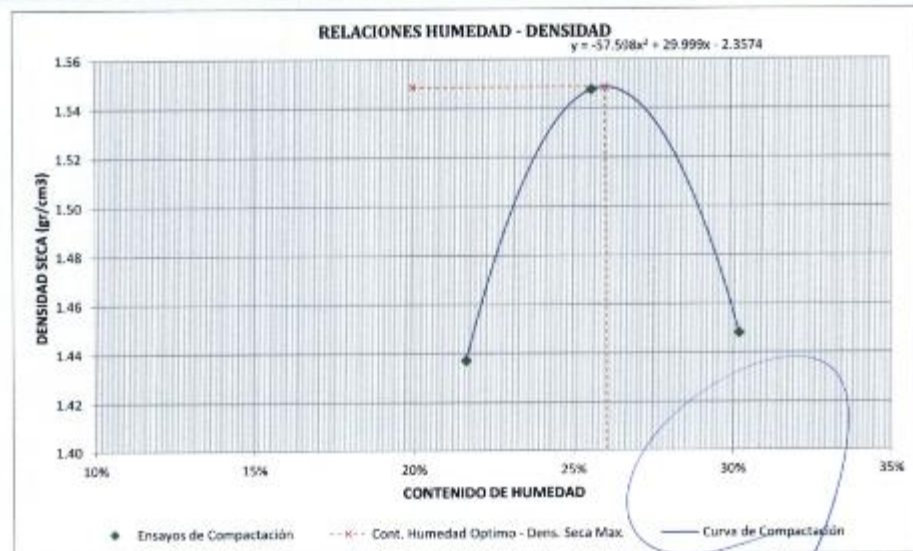
Proyecto: Efecto del musilago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021
Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco
Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe
Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1
Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO. UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA

MTC E 115, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-180

| DATOS PRELIMINARES | |
|-----------------------------|----------|
| Método = | A |
| Número de capas = | 5 |
| Número de golpes por capa = | 25 |
| Masa del pisón = | 4.54 Kg |
| Altura de caída del pisón = | 45.72 cm |

| DENSIDAD DE LA MUESTRA | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | | |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|--|--|
| Número de Proctor Utilizado | P-2 | P-2 | P-2 | | |
| Dámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | | |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | | |
| Volumen del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | | |
| Peso del Molde (gr) | 3,750.00 | 3,750.00 | 3,750.00 | | |
| Peso del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,585.00 | 5,530.00 | 5,400.00 | | |
| Peso de la Muestra Húmeda (gr) | 1835.00 | 1780.00 | 1650.00 | | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 1460.86 | 1366.91 | 1356.47 | | |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.55 | 1.45 | 1.44 | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | Medio | Medio | Medio | | |
| Peso de Capsula (gr) | 16.20 | 18.07 | 18.83 | | |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 71.18 | 98.39 | 95.28 | | |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 59.97 | 79.75 | 81.68 | | |
| Peso del Agua (gr) | 11.21 | 18.64 | 13.60 | | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 43.77 | 61.68 | 62.85 | | |
| Contenido de Humedad | 25.61% | 30.22% | 21.64% | | |



DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.55 gr/cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 26.04%

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
Sra. María Inés Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 66074



PROACON S.C.R.L.
 - LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 - Hk. Lomas de los Hornos, San Sebastián, Tel. (84) 254733, Cel. (84) 99-727768

Proyecto: Mejoramiento del muestreo de suelos San Pedro de Macoris, Pinar del Rio, en la zona de San Pedro de Macoris, Casa Carretera Hicoriaj, 2021
 Ubicación: Carretera Hicoriaj - Cd. San Sebastián - Ciego de Avila
 Solicita: Jesús Huanes Roca - Marco Antonio Reñón Durán
 Muestra: Carretera Hicoriaj - Muestra 1
 Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
 MTC 132, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-223

| DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO | | DATOS DE LA EMPRESA DE COMPACTACIÓN | | DATOS DEL MOLDE | |
|---|-------------|---|------|--|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.56 g/cm ³ | | Procedimiento = 4.54 kg | | Diámetro del Molde = 15.24 cm | |
| Contenido Humedad Óptimo = 26.04% | | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | | Altura del Molde = 17.78 cm | |
| Contenido Humedad Natural = 31.12% | | Número de Capas = 3 | | Altura del Disco Capacitador = 6.14 cm | |
| | | DATOS DEL EQUIPO DE PENETRACIÓN | | Área = 182.41 cm ² | |
| Constante del Anillo de Carga = -2.40E+00 -3.45E-00 % | -1.11E-04 % | 4.20E-00 % | (IN) | Volumen = 2125.92 cm ³ | |
| Área del Pistón = 16.25 cm ² | | | | | |

| Muestra | ENSAYO DE COMPACTACIÓN | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
| Número de Golpes por Capa | 26 | | 26 | | 12 | |
| Condiciones de la Muestra | Cont. Hum. Óptimo | Saturada | Cont. Hum. Óptimo | Saturada | Cont. Hum. Óptimo | Saturada |
| Ubicación del Contenedor de Humedad | Medio | Arriba | Medio | Arriba | Medio | Arriba |
| Peso de Capota (g) | 18.45 | 18.84 | 25.58 | 16.56 | 18.23 | 19.32 |
| Peso de Capota + Muestra Húmeda (g) | 68.08 | 65.82 | 66.09 | 69.52 | 64.24 | 67.85 |
| Peso de Capota + Muestra Seca (g) | 58.22 | 68.42 | 54.94 | 57.08 | 56.24 | 68.62 |
| Peso del Agua (g) | 9.84 | 17.25 | 11.15 | 12.52 | 10.22 | 18.24 |
| Peso de la Muestra Seca (g) | 48.37 | 48.29 | 44.40 | 46.44 | 47.21 | 48.27 |
| Contenido de Humedad | 20.34% | 35.74% | 25.09% | 27.16% | 21.65% | 37.57% |
| Porcentaje de Absorción | - | 9.99% | - | 8.86% | - | 11.82% |
| Peso del Molde (g) | 7871 | | 7311 | | 7208 | |
| Peso del Molde + Muestra Húmeda (g) | 11890 | 12315 | 11125 | 11593 | 10730 | 11200 |
| Peso de la Muestra + Molde (g) | 4019 | 4441 | 3621 | 4219 | 3512 | 3952 |
| Peso de la Muestra Seca (g) | - | 3221.84 | - | 2980.52 | - | 2760.65 |
| Peso del Agua Absorbida (g) | - | 125 | - | 395 | - | 480 |
| Porcentaje de Absorción | - | 3.88% | - | 13.25% | - | 17.39% |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 1.86 | 1.66 | 1.82 | 1.62 | 1.65 | 1.60 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1.52 | 1.28 | 1.48 | 1.53 | 1.30 | 1.33 |

| Muestra | ENSAYO DE DEFORMACIÓN | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------------|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|
| | Tiempo Transcurrido | MUESTRA 01 | | | MUESTRA 02 | | | MUESTRA 03 | | | MUESTRA 04 | | |
| Días | 181-MM | Dial | Deflecto | % de Deform. | Dial | Deflecto | % de Deform. | Dial | Deflecto | % de Deform. | Dial | Deflecto | % de Deform. |
| 0 | 0 hr 00 min | 2 | 0 | 0.00% | 0.00% | 0 | 0 | 0.00% | 0.00% | 0 | 0 | 0 | 0.00% |
| 0.25 | 1 hr 00 min | 182 | 0.282 | 0.21% | 0.21% | 282 | 0.28 | 0.28% | 0.28% | 312 | 0.31 | 2.37% | 2.37% |
| 0.5 | 2 hr 00 min | 179 | 0.214 | 0.16% | 0.16% | 324 | 0.32 | 0.24% | 0.24% | 302 | 0.25 | 1.92% | 1.92% |
| 0.75 | 3 hr 00 min | 182 | 0.28 | 0.21% | 0.21% | 335 | 0.33 | 0.25% | 0.25% | 302 | 0.28 | 2.13% | 2.13% |
| 1 | 4 hr 00 min | 184 | 0.384 | 0.29% | 0.29% | 339 | 0.34 | 0.26% | 0.26% | 346 | 0.34 | 2.60% | 2.60% |
| 1.5 | 6 hr 00 min | 193 | 0.45 | 0.34% | 0.34% | 320 | 0.32 | 0.24% | 0.24% | 346 | 0.37 | 2.83% | 2.83% |
| 2 | 8 hr 00 min | 202 | 0.602 | 0.46% | 0.46% | 315 | 0.31 | 0.23% | 0.23% | 360 | 0.36 | 2.76% | 2.76% |
| 4 | 36 hr 00 min | 320 | 0.82 | 0.62% | 0.62% | 324 | 0.32 | 0.24% | 0.24% | 330 | 0.33 | 2.53% | 2.53% |



Laboratorio de Suelos y Materiales
 Sergio Juan Llanos Virgós
 Ingeniero Químico - C.R. 95074

| Muestra | ENSAYO DE PENETRACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------|------------|-----------|----------------------------|-------|------------|-----------|----------------------------|-------|------------|-----------|----------------------------|-------|
| | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | | MUESTRA 04 | | MUESTRA 05 | | MUESTRA 06 | | | |
| Carga Unitaria Pistón (kg/cm ²) | Dial | Penetración mm | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm ² | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm ² | CBR % | Dial | Fuerza kg | Esfuer. kg/cm ² | CBR % |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 0.625 | 4 | 30.34 | 3.57 | 0.27 | 3 | 7.50 | 0.57 | 0.22 | 7 | 2.24 | 0.22 | 0.22 | 0.22 |
| 50 | 1.250 | 7 | 20.26 | 2.38 | 0.18 | 8 | 17.64 | 0.31 | 0.14 | 9 | 14.29 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| 75 | 1.875 | 9 | 22.58 | 2.43 | 0.18 | 8 | 24.93 | 0.29 | 0.14 | 7 | 32.86 | 0.28 | 0.28 | 0.28 |
| 100 | 2.500 | 10 | 31.03 | 3.60 | 0.27 | 9 | 27.68 | 0.43 | 0.20 | 8 | 34.38 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |
| 125 | 3.125 | 11 | 34.98 | 4.06 | 0.30 | 10 | 33.04 | 0.40 | 0.20 | 6 | 37.68 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| 150 | 3.750 | 12 | 37.72 | 4.44 | 0.33 | 11 | 34.86 | 0.38 | 0.19 | 10 | 35.43 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 175 | 4.375 | 13 | 41.01 | 4.81 | 0.36 | 12 | 42.72 | 0.36 | 0.18 | 11 | 34.28 | 0.38 | 0.38 | 0.38 |
| 200 | 5.000 | 14 | 47.77 | 5.67 | 0.42 | 14 | 46.62 | 0.42 | 0.22 | 13 | 41.07 | 0.42 | 0.42 | 0.42 |
| 300 | 7.500 | 16 | 51.11 | 6.44 | 0.48 | 15 | 43.77 | 0.47 | 0.24 | 14 | 44.42 | 0.47 | 0.47 | 0.47 |
| 500 | 12.500 | 17 | 54.46 | 7.81 | 0.58 | 16 | 52.11 | 0.54 | 0.29 | 15 | 47.77 | 0.47 | 0.47 | 0.47 |

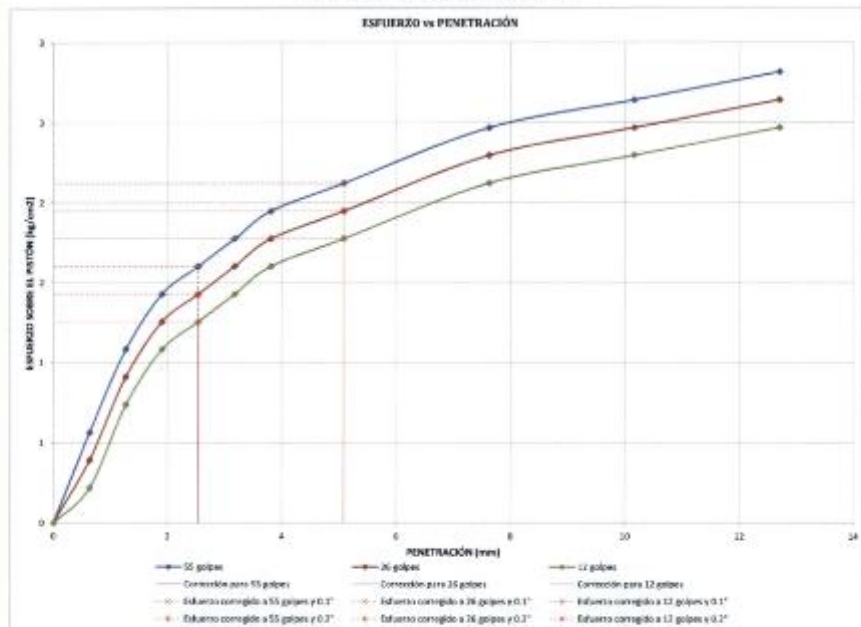


LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
 - Urb. Lomas del Sur San Sebastián, Telf. 094-254790, Cel. 994-227288

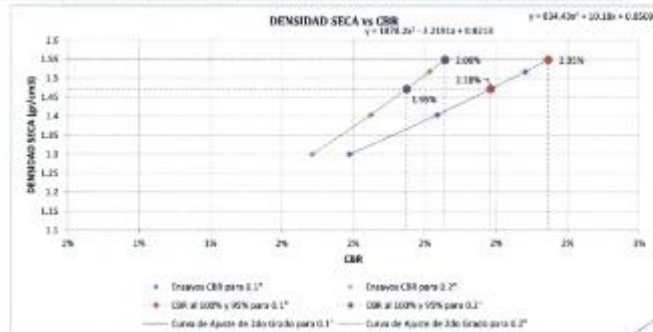
PROCON S.C.R.L.

Proyecto: Efecto del traspalga de castaño San Pedro Echospiza Pachamam en Estación de Suelo, Casa Carretera Huancapay 2021
 Ubicación: Carretera Huancapay - Dist. San Sebastián - Casco
 Solicita: Jossi Huaman Roca - Mario Antonio Resko Quique
 Muestra: Carretera Huancapay - Muestra 1
 Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
 MTC E 112, Basado en la Norma ASTM D 5881 y AASHTO T-193



| CONDICIONES | MUESTRA 01 | | | MUESTRA 02 | | | MUESTRA 03 | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|-------|
| | Carga Unitaria Patrón | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR % | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR % | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR % |
| kg/cm² | 70.31 | 2.543 | 1.60 | 2.28% | 2.543 | 1.49 | 2.08% | 2.543 | 1.76 | 2.39% |
| 10% de | 5.085 | 2.12 | 2.01% | 5.085 | 1.95 | 1.88% | 5.085 | 1.70 | 1.68% | |



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|---------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 55 | 2.28% | 2.01% | 1.52 gr/cm³ |
| 26 | 2.08% | 1.88% | 1.48 gr/cm³ |
| 12 | 1.70% | 1.68% | 1.38 gr/cm³ |

| | |
|-------------------------------|------|
| Densidad Seca Máxima (kg/cm³) | 1.55 |
| 95% de la DSM (kg/cm³) | 1.47 |

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| CBR al 100% de la DSM | 2.35% | 2.06% |
| CBR al 95% de la DSM | 2.18% | 1.88% |

IC Instituto de Suelos y Materiales

Sergio Iván Liendo Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 85214



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- San Sebastian - Urb. Licenciados 1-3, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del musilago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilizacion de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 2

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL M2

MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Peso de Capsula (gr) | 15.67 | 15.90 | 14.50 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 72.27 | 72.59 | 71.44 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 66.60 | 66.80 | 65.45 |
| Peso del Agua (gr) | 5.67 | 5.79 | 5.99 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 50.93 | 50.90 | 50.95 |
| Contenido de Humedad | 11.13% | 11.38% | 11.76% |



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 11.42%

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

Sergio Ivan Licuato Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 00014



PRO&CON S.C.R.L.

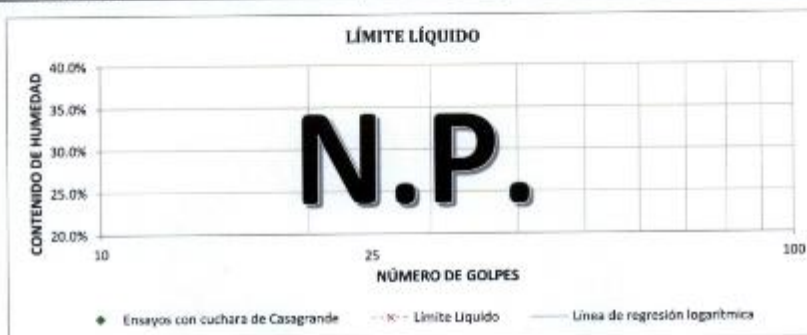
- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- San Sebastian - Urb. Licenciados L-3, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Efecto del musilago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilizacion de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay
Proyecto: 2021
Ubicacion: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco
Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe
Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 2
Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Golpes | 40 | 26 | 19 | 12 |
| Peso de Capsula [gr] | | | | |
| Peso de Capsula + Muestra (gr) | | | | |
| Peso de Capsula + Muestra + Agua (gr) | | | | |
| Peso del Agua [gr] | | | | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | | | | |
| Contenido de Humedad | | | | |



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | | | |
| Peso de Capsula + Muestra (gr) | | | |
| Peso de Capsula + Muestra + Agua (gr) | | | |
| Peso del Agua (gr) | | | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | | | |
| Contenido de Humedad | | | |



| |
|-------------------------------------|
| LÍMITE LÍQUIDO = NO PRESENTA |
| LÍMITE PLÁSTICO = NO PRESENTA |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD = NO PLÁSTICO |



PRO&CON S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
San Sebastián - Urb. Licenciados L-3, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Techo del mallazo de cactus San Pedro Ichinopsis Pachani en Establación de Suelos, Casa: Carretera Huilcarpay 2021
Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dst. San Sebastián - Cusco
Solicitó: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe
Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 2
Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO M2
MTC E 107, basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

| MATERIAL NO LAVADO | |
|-----------------------------------|-----------|
| Peso total de la muestra = | 988.32 gr |
| Peso de la fracción no lavada = | 0.00 gr |
| Peso de la fracción para lavado = | 988.32 gr |

| FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO | |
|--|-----------|
| Peso de la fracción antes del lavado = | 988.32 gr |
| Peso de la fracción después de lavar = | 519.15 gr |
| % de la fracción lavada = | 100.00% |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|------------|
| 4" | 100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1 1/2" | 37.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 13.35 | 2.53% | 0.00% | 2.54% | 1.33% | 1.33% | 98.67% |
| Nº 4 | 4.75 | 29.76 | 5.73% | 0.00% | 5.74% | 3.01% | 4.35% | 95.65% |
| Nº 10 | 2 | 25.42 | 4.90% | 0.00% | 4.90% | 2.17% | 6.52% | 93.08% |
| Nº 20 | 0.850 | 22.13 | 4.26% | 0.00% | 4.27% | 2.24% | 8.76% | 90.84% |
| Nº 40 | 0.425 | 31.30 | 6.22% | 0.01% | 6.23% | 3.27% | 12.03% | 87.57% |
| Nº 60 | 0.250 | 62.54 | 12.05% | 0.01% | 12.06% | 6.33% | 18.76% | 81.24% |
| Nº 100 | 0.150 | 271.20 | 52.24% | 0.04% | 52.28% | 27.46% | 46.23% | 53.77% |
| Nº 200 | 0.075 | 56.88 | 10.96% | 0.01% | 10.97% | 5.76% | 51.99% | 48.01% |
| Cazuela | - | 5.33 | 1.03% | 0.00% | 1.03% | 0.54% | 52.53% | - |
| Lavado | - | 469.17 | - | - | - | 47.47% | 100.00% | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 518.71 | 99.92% | 0.08% | 100.00% | 52.53% | | |
| Total | | 987.88 | | %Error = 0.06% Ok! | | 100.00% | | |

Gradación: A

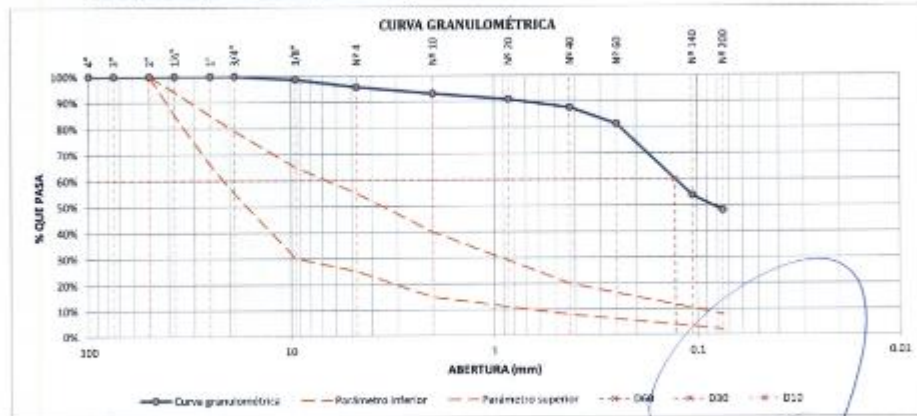
| TAMIZ Nº | LIM. INFERIOR | LIM. SUPERIOR |
|-------------------|---------------|---------------|
| 2" (50 mm) | 100% | 100% |
| 1 1/2" (37.5 mm) | 85% | 94% |
| 1" (25 mm) | 66% | 89% |
| 3/4" (19 mm) | 55% | 79% |
| 3/8" (9.5 mm) | 30% | 65% |
| Nº 4 (4.75 mm) | 25% | 55% |
| Nº 10 (2 mm) | 15% | 40% |
| Nº 40 (0.425 mm) | 8% | 20% |
| Nº 200 (0.075 mm) | 2% | 8% |

Fracciones de Grava, Arena y Fina de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 4.35%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 47.64%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 48.01%
Total: 100.00%

Fracción Gruesa

% de grava = 4.36%
% de arena = 31.54%
Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 3/4"

Tamaño Máximo Nominal = Nº 10

| | |
|-------|---------|
| D60 = | 0.13 mm |
| D30 = | - |
| D10 = | - |

| | |
|------|---|
| Cu = | - |
| Cc = | - |



Sergio Ivan Lendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



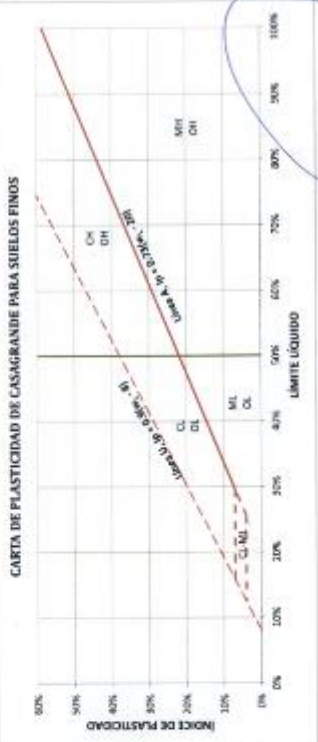
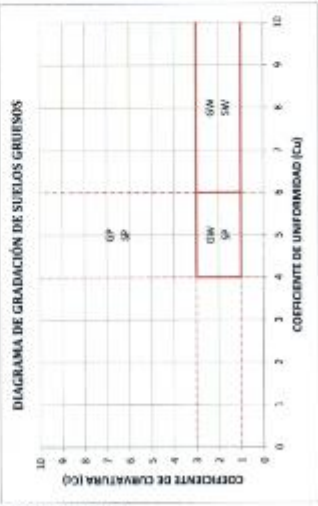
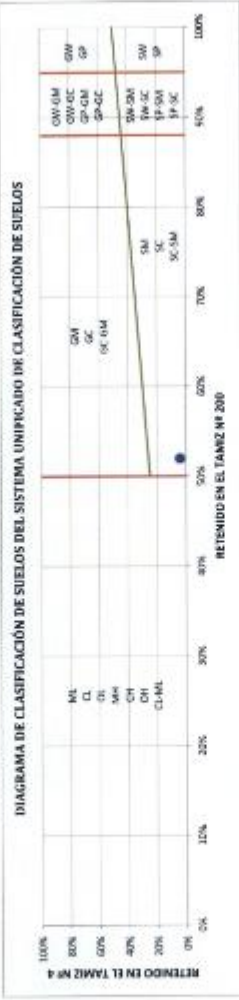
PRO&CON S.C.R.L.

Laboratorio de Suelos y Materiales
 - San Sebastián - UTA, Licenciadados L-3, Telf: 084-251770, Cel. Movistar: 984-421489, Ciemo: 984-727700

Proyecto: Hecce del mullejo de cactus-Sin Pedro Echizopis Pichime en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Hualcarpa por 2021
 Ubicación: Carretera Hualcarpa - Dist. San Sebastián - Casca
 Solicitud: Juaa Huaman Yaca - Norco Antonio Roño Quique
 Muestra: Carretera Hualcarpa, Muestra 2
 Fecha: Lunes, 15 de agosto de 2021

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUICS) M2
 ASTM D 2487

| | |
|---------------------------------|--|
| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
| De Granulometría | |
| % de Gravas = 31.99% | |
| % de Fines = 68.01% | |
| Total = 100.00% | |
| % de Grava = 4.20% | |
| % de Fines = 47.64% | |
| Total = 51.84% | |
| Fracción Guasa | |
| % de Grava = 8.36% | |
| % de Arena = 53.54% | |
| Total = 100.00% | |
| Coficientes | |
| Cu = .. | |
| De Límites de Consistencia | |
| LL = NO PRESENTA | |
| LP = NO PRESENTA | |
| IF = NO PLÁSTICO | |
| Otros Datos | |
| Tipo = Inorgánico | |



SU1 = Arena limosa

El equipo ideal de Compactación que recomendamos la ASTM para este tipo de suelo es: Rodillo de neumáticos, rodillo de pato de cabra



S. R. L. - Licenciadados L. 3
 Hualcarpa - Casca
 Teléfono: 084-251770
 Celular: 984-421489



PROCON S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

San Sebastián - Urb. Lincoclas L. 3, -Tel: 084 254730, Cel. Movistar: 984 621489, Claro: 984 727700

Proyecto: Fieito del mullago de cactus-San Pedro Echispala Pachamari en Estabilización de Suelos, Caso: Carriñera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carriñera Huilcarpay - Dist: San Sebastián - Cuzco

Solicitante: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reñón Quiñe

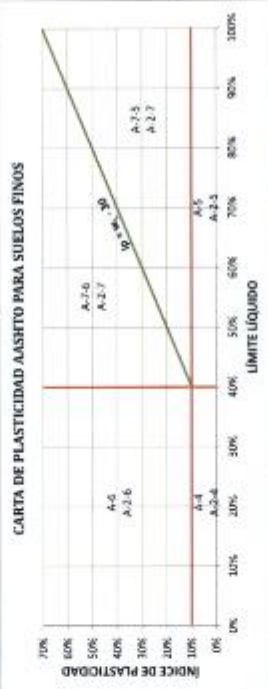
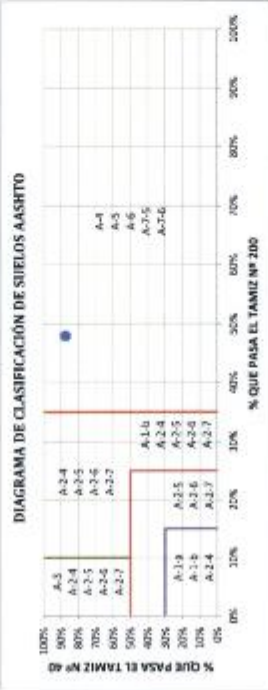
Muestra: Carriñera Huilcarpay - Muestra 2

Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO MZ

AASHTO M-145

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| De Granulometría | De Límites de Consistencia |
| % que pasa el tamiz N° 10 = 93.03% | LL = NO PRESENTA |
| % que pasa el tamiz N° 40 = 87.57% | LP = NO PRESENTA |
| % que pasa el tamiz N° 200 = 48.01% | IP = NO PLÁSTICO |



| CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO | |
|-----------------------------|--|
| F = 48.01 | F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz N° 200 |
| w _L = 0.00 | w _L = Límite líquido |
| IP = 0.00 | IP = Índice de plasticidad |

$$IG = 0.2a + 0.001ac + 0.01bd$$

$$IG = 3$$

A-4 (3) = Principalmente partículas finas limosas

(El Equipo ideal de Conservación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Neumático, Liso y Para de Cebra



Secretaría de Transportación y Obras Públicas
 Dirección General de Vialidad
 Laboratorio de Suelos y Materiales
 Avenida Juan Luchini Vial 400
 Valparaíso Chile - CIP-45014



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

- Barrio Profesional C-1, Tel: 984-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del musilago de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

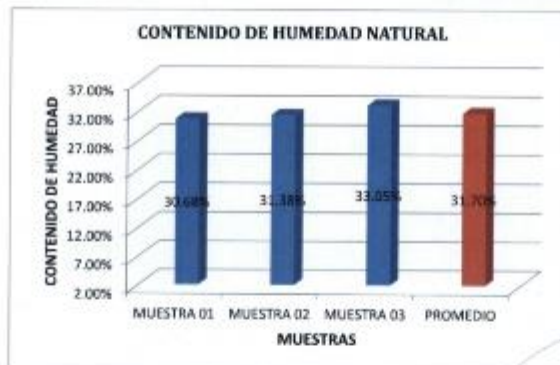
Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Mucllago al 30%

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 15.55 | 15.40 | 15.12 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 76.12 | 78.20 | 74.70 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 61.90 | 63.20 | 59.90 |
| Peso del Agua (gr) | 14.22 | 15.00 | 14.80 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 46.35 | 47.80 | 44.78 |
| Contenido de Humedad | 30.68% | 31.38% | 33.05% |



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 31.70%

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sr. Juan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.A.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

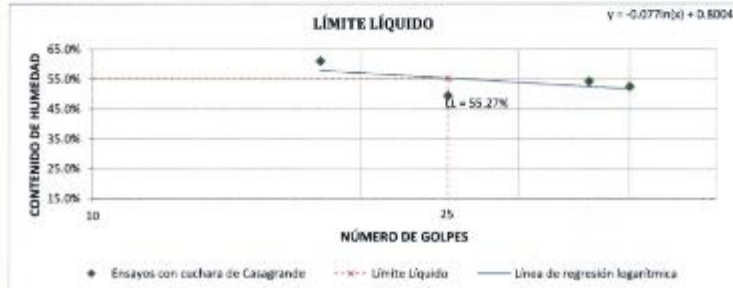
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

• Efecto del mulchado de cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay
Proyecto: 2021
Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastián - Cusco
Solicitante: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe
Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Mulchado al 30%
Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Golpes | 40 | 36 | 25 | 18 |
| Peso de Capsula (gr) | 7.92 | 6.46 | 7.91 | 6.47 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 26.71 | 25.12 | 31.90 | 27.51 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 20.24 | 18.56 | 23.96 | 19.54 |
| Peso del Agua (gr) | 6.47 | 6.56 | 7.94 | 7.97 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 12.32 | 12.10 | 16.05 | 13.07 |
| Contenido de Humedad | 52.52% | 54.21% | 49.47% | 60.98% |



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 9.24 | 9.26 | 9.23 | 8.02 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 16.15 | 18.06 | 16.88 | 16.09 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 14.93 | 16.38 | 15.21 | 14.08 |
| Peso del Agua (gr) | 1.22 | 1.88 | 1.67 | 2.01 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 5.69 | 6.92 | 5.98 | 6.06 |
| Contenido de Humedad | 21.44% | 27.17% | 27.93% | 33.17% |



| |
|--------------------------------|
| LÍMITE LÍQUIDO = 55.27% |
| LÍMITE PLÁSTICO = 27.43% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 27.84% |

PRO&CON Laboratorio de Suelos y Materiales

Sc. Luis Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 66074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
- Barrío Profesional G-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Ducto del muelle de cactus-San Pedro Echinospa Pachanal en Estabilización de Suelos, Coto Carretera Huacarpay 2021
Ubicación: Carretera Huacarpay - Dist. San Sebastián - Cusco
Solicitó: Jesús Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quipe
Muestra: Carretera Huacarpay Muestra 1 con Muelle al 30%
Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

| MATERIAL NO LAVADO | |
|-----------------------------------|-----------|
| Peso total de la muestra = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción no lavada = | 0.00 gr |
| Peso de la fracción para lavado = | 708.25 gr |

| FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO | |
|--|-----------|
| Peso de la fracción antes del lavado = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción después de lavar = | 3.89 gr |
| % de la fracción lavada = | 100.00% |

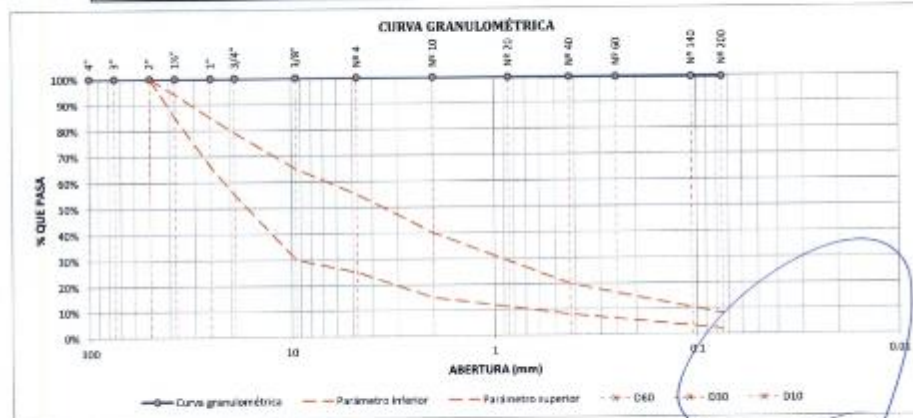
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|------------|
| 4" | 100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1 1/2" | 37.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1/2" | 12.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 4 | 4.75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 10 | 2 | 0.54 | 13.64% | 0.25% | 13.88% | 0.08% | 0.08% | 99.92% |
| Nº 20 | 0.850 | 0.79 | 19.95% | 0.38% | 20.31% | 0.11% | 0.19% | 99.81% |
| Nº 40 | 0.425 | 0.44 | 11.11% | 0.20% | 11.31% | 0.06% | 0.25% | 99.75% |
| Nº 60 | 0.250 | 0.33 | 8.11% | 0.15% | 8.48% | 0.05% | 0.30% | 99.70% |
| Nº 140 | 0.106 | 1.05 | 26.52% | 0.48% | 26.99% | 0.15% | 0.45% | 99.55% |
| Nº 200 | 0.075 | 0.65 | 16.43% | 0.30% | 16.71% | 0.09% | 0.54% | 99.46% |
| Canuela | - | 0.09 | 2.27% | 0.04% | 2.31% | 0.01% | 0.56% | 100.00% |
| Lavado | - | 704.29 | - | - | - | 99.44% | - | - |
| Fracción Retenida en Lavado | | 3.89 | 98.23% | 1.77% | 100.00% | 0.56% | - | - |
| Total | | 708.18 | | %Error = 1.77% OK! | | 100.00% | | |

Gradación: A

| TAMIZ Nº | LIM. INFERIOR | LIM. SUPERIOR |
|-------------------|---------------|---------------|
| 2" (50 mm) | 100% | 100% |
| 1 1/2" (37.5 mm) | 85% | 94% |
| 1" (25 mm) | 66% | 85% |
| 3/4" (19 mm) | 55% | 79% |
| 3/8" (12.5 mm) | 30% | 65% |
| Nº 4 (4.75 mm) | 25% | 55% |
| Nº 10 (2 mm) | 15% | 40% |
| Nº 40 (0.425 mm) | 8% | 20% |
| Nº 200 (0.075 mm) | 2% | 8% |

Fracciones de Grava, Arena y Fines de la Muestra
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 0.00%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 0.55%
% de fines (Pasa Tamiz Nº 200) = 99.45%
Total = 100.00%

Fracción Gruesa
% de grava = 0.00%
% de arena = 100.00%
Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = Nº 4

Tamaño Máximo Nominal = 38/A

| |
|---------|
| D60 = - |
| D30 = - |
| D10 = - |

| |
|--------|
| Cu = - |
| Cc = - |

Laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Fargus
Ingeniero Civil - C.I.P. 61074



PROCON S.C.R.L.

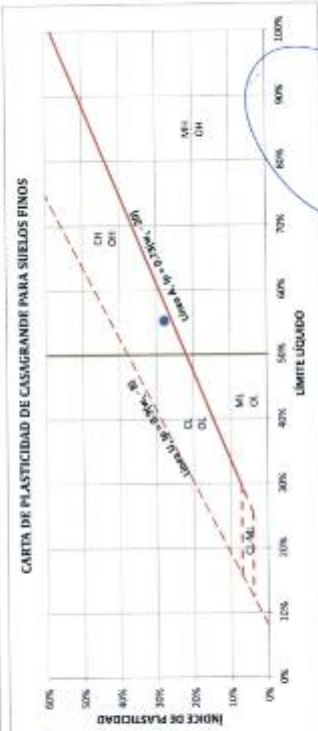
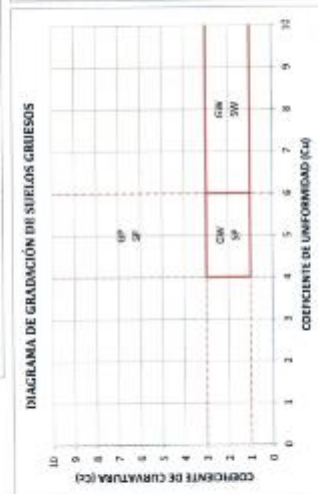
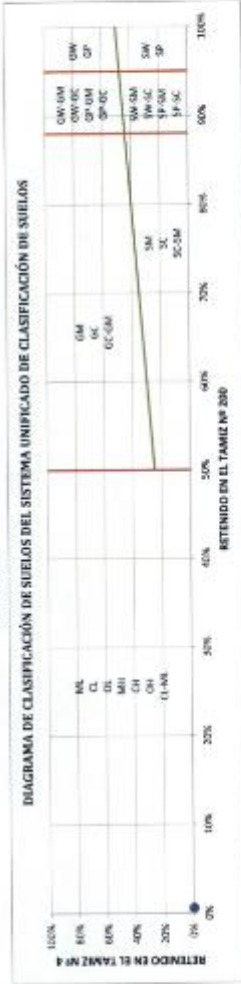
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
Barrio Profesional C-1, Telf: 081-2543730, Cel: Morisson: 984 621485, Carre: 084-7377100

Proyecto: Ejección del mortizaje de casaca-San Pedro Echiroquis Pacharoc en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Hualcarpay 2021
Ubicación: Carretera Hualcarpay - Dist. San Sebastián - Daico
Sitio: Huevo Huamán Roca - Mario Antonio Roaño Quipe
Muestra: Carretera Hualcarpay Muestra 1 con Muestreo al 31%
Fecha: Lima, 15 de agosto de 2021

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (USCS)

ASTM D-2487

| | |
|-----------------------------------|--|
| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
| DE GRANULOMETRÍA | |
| % de Gruesos = 0.52% | |
| % de Fines = 99.48% | |
| Total = 100.00% | |
| DE GRASA Y ARCILLA | |
| % de Grasa = 0.00% | |
| % de Arcilla = 0.52% | |
| Total = 0.52% | |
| FRACCIÓN GRUESA | |
| % de Grava = 0.00% | |
| % de Arena = 100.00% | |
| Total = 100.00% | |
| Comentarios: | |
| CU = - | |
| CL = - | |
| De Límites de Consistencia | |
| LL = 55.17% | |
| LP = 27.63% | |
| IP = 27.54% | |
| Otros Datos | |
| Tipo = homogéneo | |



CH = Arcilla densa de alta plasticidad

El Equipo Ideal de Competición que recomendamos la ASTM para este tipo de suelo es: Rodillo de normalización, rodillo de pelo de cobra

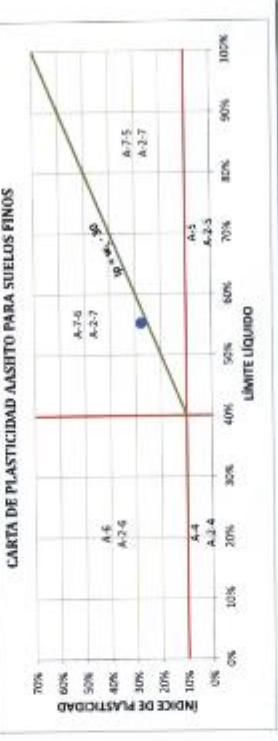
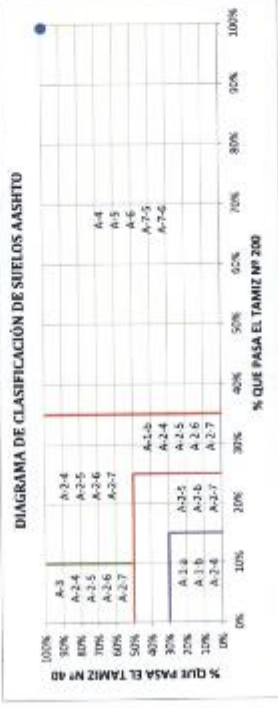


Ing. Iván Eduardo Vargas
Agencia Civil - C.A.P. 65074

Proyecto: Efecto del muestreo de coque-San Pedro Echinosos Pachandi en Estabilización de Suelos, Casa: Carretera Huacacampa 2021
 Ubicación: Carretera Huacacampa - Dist. San Sebastián - Cusco
 Solicita: Jesús Huaman Pisco - Mtro. Antonio Realdo Quispe
 Muestra: Carretera Huacacampa Muestra 1 con Maculago al 30%
 Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO
 AASHTO M-145

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| De Granulometría | Otros Datos |
| % que pasa el tamiz Nº 10 = 99.92% | De Límites de Consistencia |
| % que pasa el tamiz Nº 40 = 99.75% | LL = 55.27% |
| % que pasa el tamiz Nº 200 = 99.65% | IP = 27.43% |
| | IP = 27.84% |



| CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO | |
|-----------------------------|--|
| F = 99.65 | F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz Nº 200 |
| w _L = 55.27 | w _L = Límite líquido |
| ip = 27.84 | ip = Índice de plasticidad |

| | |
|-------------------------|-----------|
| a = F - 35 | a = 64.65 |
| b = F - 15 | b = 84.65 |
| c = w _L - 40 | c = 15.27 |
| d = ip - 10 | d = 17.84 |
| a = 40.00 | |
| b = 40.00 | |
| c = 15.27 | |
| d = 17.84 | |

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

$$IG = 18$$

A-7.5 (IG) = Las arcillas y limos más plásticos

El Equipo de Compensación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Ruedillo Raza de Cabra



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

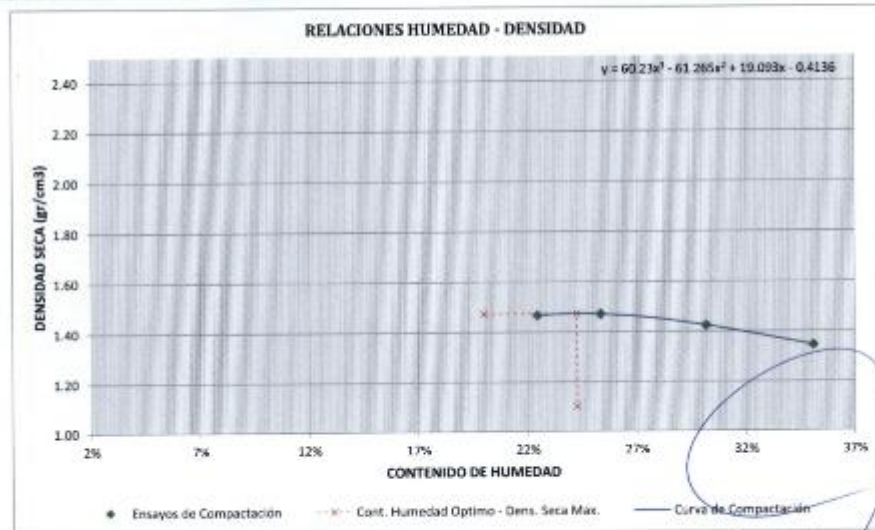
Proyecto: Efecto del musilago de cactus San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021
Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco
Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Raña Qulspe
Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Musilago al 30%
Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO, UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA

MTC E 115, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-180

| DATOS PRELIMINARES | |
|-----------------------------|----------|
| Método = | A |
| Número de capas = | 5 |
| Número de golpes por capa = | 25 |
| Masa del pisón = | 4.54 Kg |
| Altura de caída del pisón = | 45.72 cm |

| DENSIDAD DE LA MUESTRA | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Proctor Utilizado | P-1 | P-1 | P-1 | P-1 |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | 11.64 |
| Volumen del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | 943.96 |
| Peso del Molde (gr) | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 |
| Peso del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,425.00 | 5,470.00 | 5,480.00 | 5,445.00 |
| Peso de la Muestra Húmeda (gr) | 1695.00 | 1740.00 | 1750.00 | 1715.00 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 1384.29 | 1388.25 | 1344.28 | 1269.59 |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.47 | 1.47 | 1.42 | 1.34 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Peso de Capsula (gr) | 19.08 | 18.67 | 16.51 | 19.10 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.05 | 78.97 | 57.53 | 95.53 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 59.89 | 66.78 | 48.02 | 75.68 |
| Peso del Agua (gr) | 9.16 | 12.19 | 9.51 | 19.85 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 40.81 | 48.11 | 31.51 | 56.58 |
| Contenido de Humedad | 22.45% | 25.34% | 30.18% | 35.08% |



DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.47 gr/cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 24.26%

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio Ivan Liendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 63074



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 - RUC: 20101001001, Tel: 084-254736, Cel. Navitas: 984-521485, Casa: 984-227708

PROCON S.C.R.L.

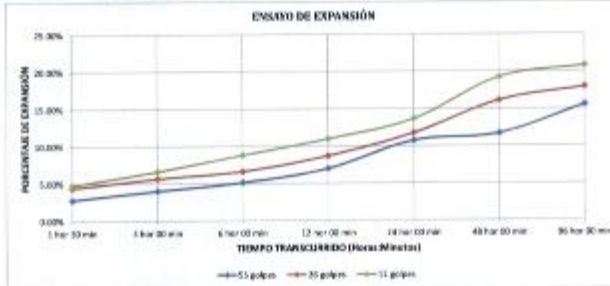
Proyecto: Ejecución del estudio de campo de cactus San Pedro (Chimú) FASCIAL en Estación de Sedes, Cose: Carretera Hualcayapay 2021
 Ubicación: Carretera Hualcayapay - Dist. San Sebastián - Cusco
 Solicita: Jairo Huamani Rosca - Marco Antonio Krafke Quiroz
 Muestra: Carretera Hualcayapay Muestra 1 con Medida al 50%
 Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
 NTCC 132, basado en la Norma ASTM D-1585 y AASHTO T-193

| DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO | | DATOS DE LA TERMINA DE COMPACTACIÓN | | DATOS DEL MOLDE | |
|---|--|---------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.47 cm ³ | | Peso del Martillo = 4.54 kg | | Diámetro del Molde = 15.24 cm | |
| Contenido Humedad Óptimo = 24.28% | | Alto de Caida del Martillo = 45.72 cm | | Alto del Molde = 17.78 cm | |
| Contenido Humedad Natural = 31.75% | | Número de Capas = 5 | | Alto del Disco Espesador = 6.34 cm | |
| | | | | Alto de la Muestra = 11.44 cm | |
| | | | | Área = 182.41 cm ² | |
| | | | | Volumen = 2123.30 cm ³ | |

| Muestra | ENSAYO DE COMPACTACIÓN | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
| Número de Golpes por Capa | 55 | | 28 | | 12 | |
| Condiciones de la Muestra | Cont. Hum. Óptimo | Saturada | Cont. Hum. Óptimo | Saturada | Cont. Hum. Óptimo | Saturada |
| Ubicación del Centro de Humedad | 194.2 | 4.750 | 160.0 | 11.65 | 16.57 | 16.57 |
| Peso de Capas (gr) | 15.12 | 17.37 | 18.80 | 11.65 | 16.57 | 16.57 |
| Peso de Capas + Muestra Humida (gr) | 95.12 | 97.95 | 85.13 | 97.04 | 88.85 | 90.81 |
| Peso de Capas + Muestra Seca (gr) | 76.16 | 73.03 | 72.13 | 76.63 | 72.84 | 75.77 |
| Peso del Agua (gr) | 16.78 | 20.83 | 13.21 | 22.63 | 16.01 | 15.06 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 59.24 | 60.43 | 58.27 | 62.78 | 56.77 | 58.25 |
| Contenido de Humedad | 28.29% | 34.32% | 24.42% | 36.03% | 28.45% | 25.42% |
| Porcentaje de Absorción | - | 9.33% | - | 11.95% | - | -0.01% |
| Peso del Molde (gr) | 7333 | | 7333 | | 7337 | |
| Peso del Molde + Muestra Humida (gr) | 12467 | 12495 | 10833 | 11315 | 10748 | 11305 |
| Peso de la Muestra Humida (gr) | 4108 | 4826 | 3500 | 3982 | 3391 | 3768 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 3352.00 | | 3812.99 | | 3484.18 | |
| Peso del Agua Absorbida (gr) | - | 82 | - | 481 | - | 357 |
| Porcentaje de Absorción | - | 1.03% | - | 17.13% | - | 23.42% |
| Densidad Humida (g/cm ³) | 1.70 | 1.88 | 1.85 | 1.95 | 1.69 | 1.86 |
| Densidad Seca (g/cm ³) | 1.51 | 1.58 | 1.52 | 1.53 | 1.57 | 1.67 |

| Muestra | Tiempo Transcurrido | ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | |
|---------|---------------------|---------------------|---------|----------------|------|------------|----------------|
| | | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
| | | Dial | Deform. | % de Expansión | Dial | Deform. | % de Expansión |
| 0 | 2 hor 00 min | 0 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0.00% |
| 0.0625 | 1 hor 32 min | 326 | 0.128 | 3.26% | 201 | 0.231 | 5.10% |
| 0.125 | 1 hor 02 min | 331 | 0.183 | 4.84% | 258 | 0.359 | 5.07% |
| 0.1875 | 6 hor 02 min | 335 | 0.235 | 5.86% | 303 | 0.353 | 5.07% |
| 0.25 | 13 hor 00 min | 339 | 3.32 | 8.12% | 298 | 0.399 | 5.29% |
| 0.3125 | 24 hor 30 min | 491 | 0.492 | 1.24% | 538 | 0.538 | 1.24% |
| 0.375 | 48 hor 30 min | 535 | 0.535 | 1.41% | 738 | 0.738 | 1.82% |
| 0.4375 | 96 hor 30 min | 732 | 0.732 | 18.08% | 821 | 0.821 | 20.85% |



| Carga Unitaria Ponder (kg/cm ²) | Muestra | ENSAYO DE PENETRACIÓN | | | | | |
|--|---------|-----------------------|-------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
| | | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
| | | Dial | Penetración | Dial | Puntos | Deflect. | Deflect. |
| | | "0.001" | mm | kg | kg/cm ² | % | kg/cm ² |
| | 0 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| | 25 | 0.635 | 6 | 37.64 | 0.91 | 4 | 10.94 |
| | 50 | 1.270 | 6 | 37.66 | 1.45 | 4 | 24.13 |
| | 75 | 1.905 | 13 | 41.27 | 2.12 | 12 | 37.72 |
| | 100 | 2.540 | 18 | 57.80 | 2.99 | 16 | 51.13 |
| | 125 | 3.175 | 21 | 64.20 | 3.45 | 17 | 54.46 |
| | 150 | 3.810 | 21 | 67.81 | 3.51 | 16 | 57.80 |
| | 200 | 5.080 | 22 | 71.59 | 3.69 | 19 | 61.15 |
| | 300 | 7.620 | 27 | 87.81 | 4.54 | 21 | 67.84 |
| | 400 | 10.160 | 36 | 84.57 | 4.37 | 23 | 74.53 |
| | 500 | 12.700 | 28 | 90.25 | 4.31 | 25 | 81.27 |

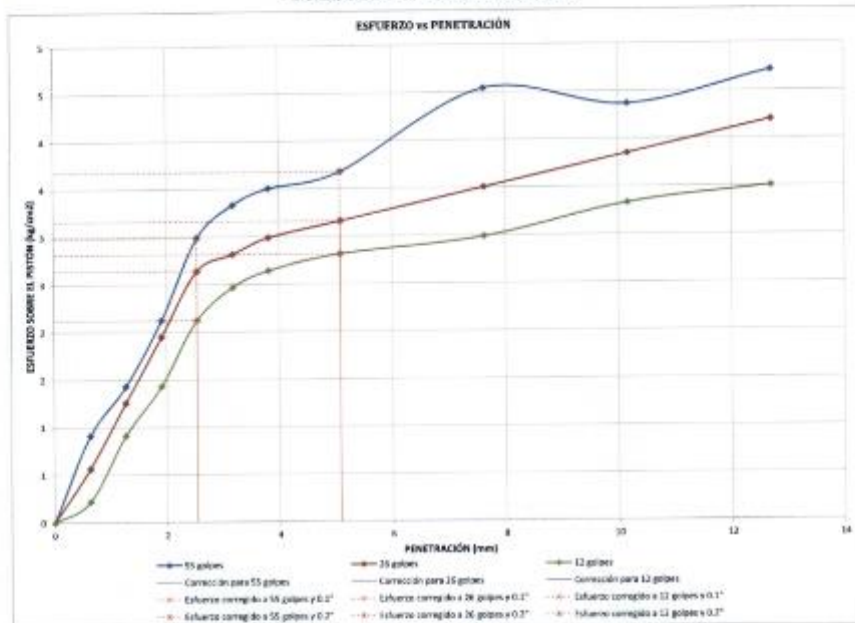
Laboratorio de Suelos y Materiales
 Sr. Gerardo Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PROCON S.C.R.L.
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 - Barrio Profesional C-1, Tel: 884-254790, Cel. Movistar: 984-621493, Claro: 984-722768

Proyecto: Puesto del muestreo de casca San Pedro / Huelajari Pachanal en Estación de San José, Casca Carretera Hualcaray 2021
 Ubicación: Carretera Hualcaray - Dist. San Sebastián - Casca
 Solicita: Juan Huaman Toca - Municipio de San Sebastián
 Muestra: Carretera Hualcaray Muestra 1 con Muestreo al 30%
 Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
 Método 133, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193



| Carga Unitaria Patrón | MUESTRA 01 | | | MUESTRA 02 | | | MUESTRA 03 | | |
|--------------------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|
| | Pesado Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. % | Pesado Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. % | Pesado Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. % |
| 30.31 kg/cm ² | 2.540 | 2.91 | 4.25% | 2.540 | 2.64 | 3.79% | 2.540 | 2.12 | 3.02% |
| 108.44 | 5.080 | 3.95 | 8.49% | 5.080 | 3.16 | 3.09% | 5.080 | 3.81 | 2.67% |



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|------------------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 55 | 4.25% | 3.49% | 1.51 g/cm ³ |
| 25 | 3.76% | 3.09% | 1.52 g/cm ³ |
| 12 | 3.02% | 2.67% | 1.17 g/cm ³ |

| | |
|---|------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm ³) | 1.47 |
| Mód de la DSM (g/cm ³) | 1.43 |

| | 0.1" | 0.2" |
|-----------------------|-------|-------|
| CBR al 100% de la DSM | 4.17% | 3.38% |
| CBR al 95% de la DSM | 3.96% | 3.18% |

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

Sergio Iván Llanos Vargu
 Ingeniero Civil - C.A.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

- Barrio Profesional C-1, Tel: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Clara: 984-727780

Proyecto: Efecto del musilago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Mucilago al 60%

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 15.55 | 15.40 | 15.12 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 76.12 | 78.20 | 74.70 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 61.90 | 63.20 | 59.90 |
| Peso del Agua (gr) | 14.22 | 15.00 | 14.80 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 46.35 | 47.80 | 44.78 |
| Contenido de Humedad | 30.68% | 31.38% | 33.05% |



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 31.70%

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio J. Huaman Roca
C.I. 107601294
MTC E 108 - 04E 15216



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Efecto del muslago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Hualcarpay

Proyecto: 2021

Ubicación: Carretera Hualcarpay - Dist. San Sebastián - Cuzco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Roaño Colspe

Muestra: Carretera Hualcarpay Muestra 1 con Muslago al 60%

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021.

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

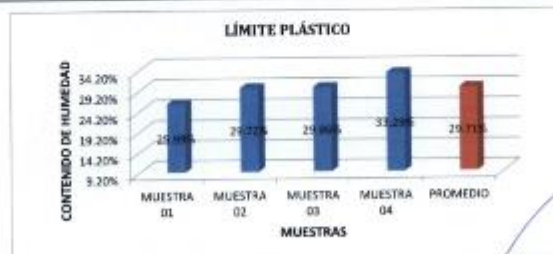
| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Golpes | 42 | 35 | 28 | 22 |
| Peso de Capsula (gr) | 8.42 | 8.41 | 8.12 | 8.23 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 25.84 | 28.56 | 27.07 | 27.59 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 19.66 | 21.48 | 20.17 | 20.31 |
| Peso del Agua (gr) | 6.18 | 7.08 | 6.90 | 7.28 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 11.24 | 13.07 | 12.05 | 12.08 |
| Contenido de Humedad | 54.98% | 54.17% | 57.26% | 60.26% |



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 7.09 | 8.74 | 6.17 | 8.01 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 16.98 | 19.39 | 16.26 | 18.86 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 14.94 | 16.95 | 13.94 | 16.15 |
| Peso del Agua (gr) | 2.04 | 2.44 | 2.32 | 2.71 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 7.85 | 8.21 | 7.77 | 8.14 |
| Contenido de Humedad | 25.99% | 29.72% | 29.86% | 33.29% |



| |
|--------------------------------|
| LÍMITE LÍQUIDO = 58.56% |
| LÍMITE PLÁSTICO = 29.71% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 28.84% |

Laboratorio de
SUELOS Y MATERIALES

Sergio Ivan Lizaso Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 60074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del muslago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huacarpay 2021
Ubicación: Carretera Huacarpay - Dist. San Sebastián - Cusco
Solicitante: Jesus Human Roca - Marco Antonio Reaño Quispe
Muestra: Carretera Huacarpay Muestra 1 con Muslago al 60%
Fecha: Junes, 16 de agosto de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T 88

| MATERIAL NO LAVADO | |
|-----------------------------------|-----------|
| Peso total de la muestra = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción no lavada = | 0.00 gr |
| Peso de la fracción para lavado = | 708.25 gr |

| FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO | |
|--|-----------|
| Peso de la fracción antes del lavado = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción después de lavar = | 3.96 gr |
| % de la fracción lavada = | 100.00% |

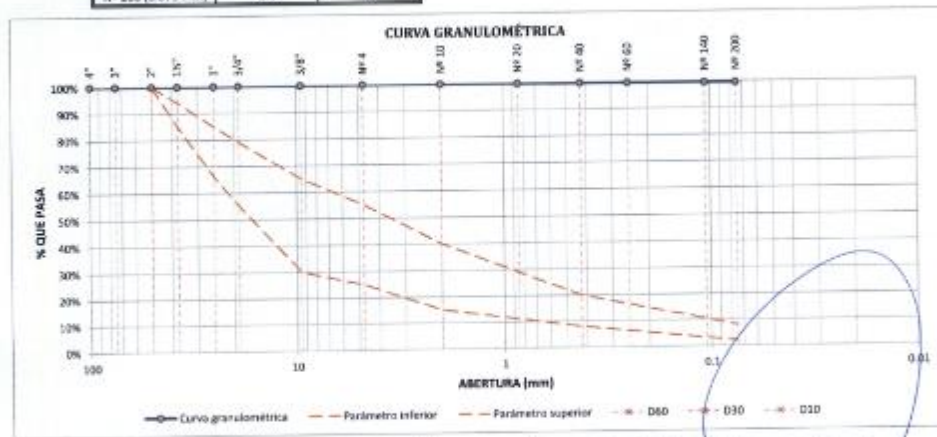
| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|------------|
| 4" | 100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1 1/2" | 37.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 4 | 4.75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 10 | 2 | 0.54 | 13.64% | 0.25% | 13.88% | 0.08% | 0.08% | 99.92% |
| Nº 20 | 0.850 | 0.79 | 19.9% | 0.36% | 20.31% | 0.11% | 0.19% | 99.81% |
| Nº 40 | 0.425 | 0.44 | 11.31% | 0.20% | 11.31% | 0.06% | 0.25% | 99.75% |
| Nº 60 | 0.250 | 0.33 | 8.33% | 0.15% | 8.48% | 0.05% | 0.30% | 99.70% |
| Nº 100 | 0.150 | 1.05 | 26.52% | 0.48% | 26.99% | 0.15% | 0.45% | 99.55% |
| Nº 200 | 0.075 | 0.65 | 16.41% | 0.30% | 16.71% | 0.09% | 0.55% | 99.45% |
| Cazuela | - | 0.09 | 2.27% | 0.04% | 2.31% | 0.01% | 0.56% | - |
| Lavado | - | 704.29 | - | - | - | 99.44% | 100.00% | - |
| Fracción Retenido en Lavado | | 3.89 | 98.23% | 1.77% | 100.00% | 0.56% | | |
| Total | | 708.18 | | %Error = 1.77% Oki | | 100.00% | | |

Gradación: A

| TAMIZ Nº | LIM. INFERIOR | LIM. SUPERIOR |
|-------------------|---------------|---------------|
| 2" (50 mm) | 100% | 100% |
| 1 1/2" (37.5 mm) | 85% | 94% |
| 1" (25 mm) | 66% | 85% |
| 3/4" (19 mm) | 55% | 79% |
| 3/8" (9.5 mm) | 30% | 65% |
| Nº 4 (4.75 mm) | 15% | 55% |
| Nº 10 (2 mm) | 8% | 40% |
| Nº 40 (0.425 mm) | 8% | 20% |
| Nº 200 (0.075 mm) | 2% | 8% |

Fraciones de Grava, Arena y Fines de la Muestra
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 0.00%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 0.55%
% de fines (Pasa Tamiz Nº 200) = 99.45%
Total = 100.00%

Fracción Gruesa
% de grava = 0.00%
% de arena = 100.00%
Total = 100.00%



| | |
|--------------------------|------|
| Tamaño Máximo Absoluto = | Nº 4 |
| D60 = | - |
| D30 = | - |
| D10 = | - |

| | |
|-------------------------|-----|
| Tamaño Máximo Nominal = | N/A |
| Cu = | - |
| Cc = | - |

Laboratorio de Suelos y Materiales
S. Virreyes
C.I.R. 65079



PROCON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
Barrio Profesional C-1, Telf: 084-2547310, Cel. Nocturnal: 984-621489, Ciudad: 984-7277010

Proyecto: Effects del mallazo de Casca-San Pedro Echisapós Pochamal en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huacrapay 2021.

Ubicación: Carretera Huacrapay - Dist. San Sebastián - Cuzco

Solicitante: Inasa Huacrapay S.A. - Marco Antonio Roldán Quiroga

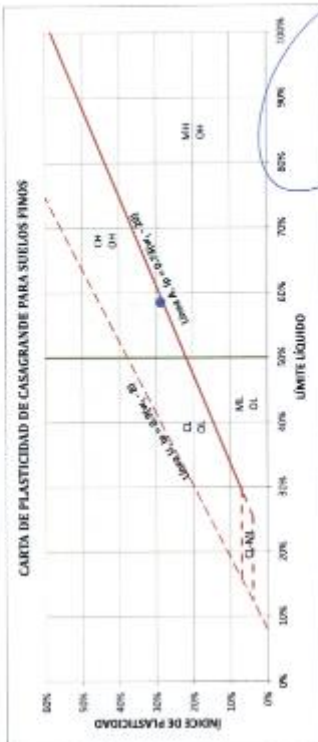
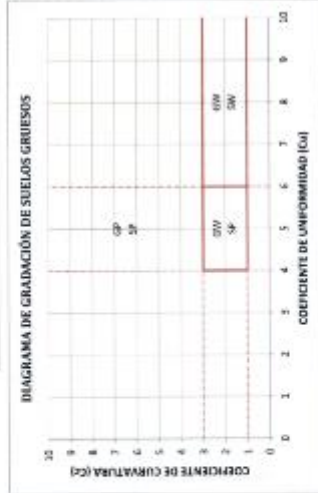
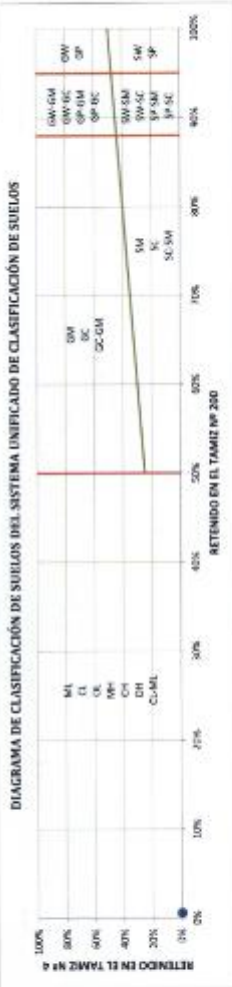
Muestras: Carretera Huacrapay - Muestra: 1 con Nucleo al 50%

Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUICS)

ASTM D 2957

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|----------------------------|--|
| De Granulometría | |
| % de Gravas = 0.57% | |
| % de Fines = 99.43% | |
| T ₂₀₀ = 500.00% | |
| Fracción Gruesa | |
| % de Grava = 0.02% | |
| % de Arena = 0.51% | |
| Total = 0.53% | |
| Fracción Fina | |
| % de Grava = 0.00% | |
| % de Arena = 100.00% | |
| Total = 100.00% | |
| Coeficientes | |
| C _u = - | |
| C _c = - | |
| De Límites de Consistencia | |
| L ₅₀ = 58.50% | |
| L _P = 29.75% | |
| I _P = 28.80% | |
| Otros Datos | |
| Tipo = inorgánico | |



CL = Arcilla densa de alta plasticidad

El Equipo Ideal de Compactación que recomienda la ASTM para este tipo de suelo es: Rodillo de neumáticos, rodillo de patas de cabra





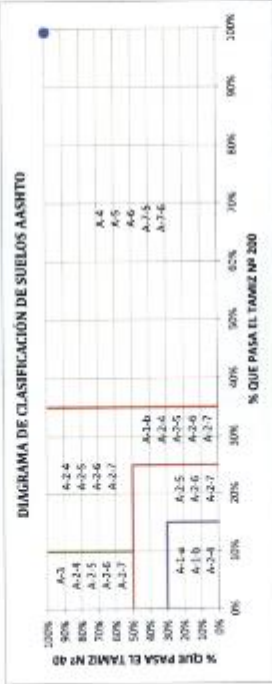
PROGCON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- Barría Profesional C.A., Telf: 084-294730, Cel. Movistar: 984-421489, Claro: 984-727700

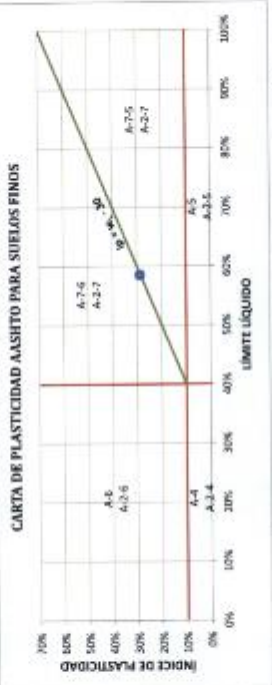
Proyecto: Efecto del maltrato de Cactus-San Pedro Echinosas Pachano en Estabilización de Suelos, Caco- Carretera Huacarbay 2021
Ubicación: Carretera Huacarbay - Dist. San Sebastián - Quece
Solicitante: Jesus Huaman Roca - Merco Antonio Rueda Quiroga
Muestra: Carretera Huacarbay Muestra 1 con Mucilago al 60%
Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO
AASHTO M-345

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|-------------------------------------|-------------------|
| De Granulometría | Otros Datos |
| De Límites de Consistencia | Tipo = Inorgánico |
| % que pasa el tamiz Nº 10 = 99.92% | |
| LL = 58.56% | |
| % que pasa el tamiz Nº 40 = 99.75% | |
| LP = 29.71% | |
| % que pasa el tamiz Nº 200 = 99.40% | |
| IP = 28.84% | |



| CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO | |
|--------------------------------|--|
| F = 99.45 | F = Porcentaje de partículas finas que pasan el tamiz Nº 200 |
| M = 28.16 | M = Límite líquido |
| Ip = 28.84 | Ip = Índice de plasticidad |
| $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bf$ | |
| IG = 19 | |



| | | |
|-------------|-----------|-----------|
| U = F - 35 | a = 64.45 | u = 40.00 |
| S = F - 15 | b = 84.45 | b = 40.00 |
| C = M - 40 | c = 18.56 | c = 18.56 |
| d = Ip - 10 | d = 18.84 | d = 18.84 |

IG = 19

A-7.6 (19) = Las arcillas y limos más plásticos

El Equipo Ideal de Combustión que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Reactivo Pata de Cabra



Sociedad Anónima
Ingeniería Civil - C.I.P. 6974



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Efecto del musilago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay

Proyecto: 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Mucilago al 60%

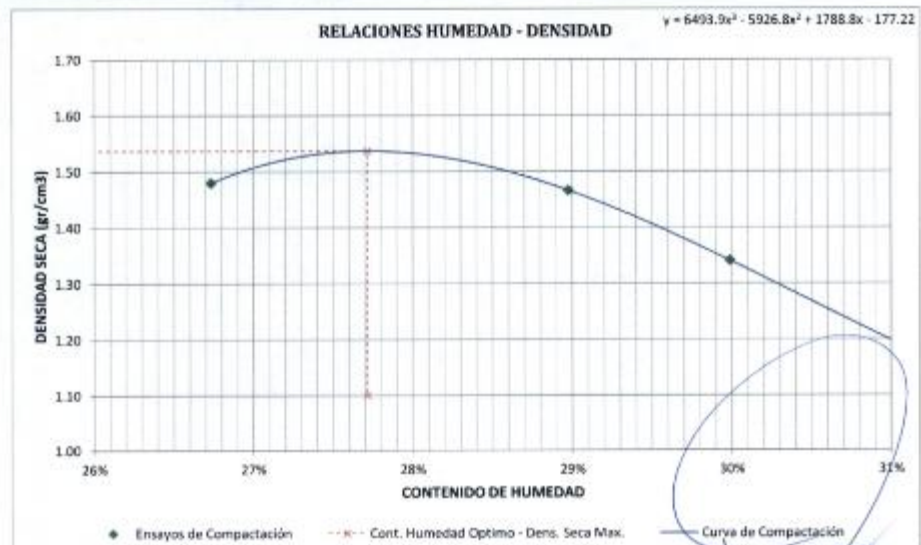
Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO, UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA

MTC E 115, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-180

| DATOS PRELIMINARES | |
|-----------------------------|----------|
| Método = | A |
| Número de capas = | 5 |
| Número de golpes por capa = | 25 |
| Masa del pisón = | 4.54 Kg |
| Altura de caída del pisón = | 45.72 cm |

| DENSIDAD DE LA MUESTRA | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 | |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| Número de Proctor Utilizado | P-1 | P-1 | P-1 | P-1 | |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 | |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | 11.64 | |
| Volumen del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | 943.96 | |
| Peso del Molde (gr) | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | |
| Peso del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,375.00 | 5,500.00 | 5,515.00 | 5,455.00 | |
| Peso de la Muestra Húmeda (gr) | 1645.00 | 1770.00 | 1785.00 | 1725.00 | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 1265.51 | 1396.65 | 1384.01 | 1274.53 | |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.34 | 1.48 | 1.47 | 1.35 | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Peso de Capsula (gr) | 19.19 | 11.90 | 16.13 | 19.08 | |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.04 | 51.06 | 59.22 | 85.06 | |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 57.54 | 42.80 | 49.54 | 67.83 | |
| Peso del Agua (gr) | 11.50 | 8.26 | 9.68 | 17.23 | |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 38.35 | 30.90 | 33.41 | 48.75 | |
| Contenido de Humedad | 29.99% | 26.73% | 28.97% | 35.34% | |



DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.54 gr/cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 27.71%

laboratorio de
SUELOS Y MATERIALES
do Fargas
Legislación 2011 - C.I.P. 85074



PROCON S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
Barra Profesional C-1, Telf. 084-254735, Col. Maestran 984-521485, Celno 984-727793

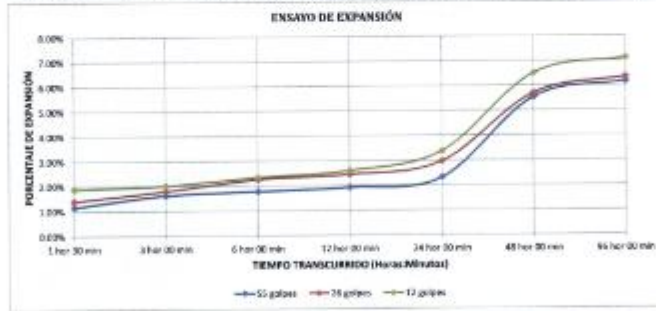
Proyecto: Efecto del muestreo de Cactus San Pedro (Cylindropuntia Pachanal) en Estabilización de Suelos, Caso Carretera Huicarpay 2021
Ubicación: Carretera Huicarpay - Dist. San Sebastián - Casco
Solicitó: Jesus Huamán Roca - Marco Antonio Pineda Quirope
Muestra: Carretera Huicarpay Muestra 1 con Macilago al 50%
Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
MTC E 122, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-199

| DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO | | DATOS DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN | | DATOS DEL MOLDE | |
|---|--|--|--|-------------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.54 cm ³ | | Peso del Martillo = 4.54 kg | | Diámetro del Molde = 15.24 cm | |
| Contenido Humedad Óptimo = 27.71% | | Altura de Cada del Martillo = 45.72 cm | | Altura del Molde = 17.78 cm | |
| Contenido Humedad Natural = 31.70% | | Número de Capas = 5 | | Alura del Disco Espalador = 6.34 cm | |
| | | | | Alura de la Muestra = 11.64 cm | |
| | | | | Área = 182.41 cm ² | |
| | | | | Volumen = 2125.92 cm ³ | |

| Muestra | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
|---------------------------------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | Corr. Hum. Óptimo | Saturada | Corr. Hum. Óptimo | Saturada | Corr. Hum. Óptimo | Saturada |
| Número de Golpes por Capa | 55 | | 26 | | 12 | |
| Condición de la Muestra | Medio | | Medio | | Medio | |
| Ubicación del Corrimiento de Humedad | Arriba | | Arriba | | Arriba | |
| Peso de Capas + Muestra Húmeda (gr) | 83.02 | 87.40 | 81.99 | 95.98 | 88.52 | 103.96 |
| Peso de Capas + Muestra Seca (gr) | 79.51 | 60.74 | 99.70 | 74.79 | 74.35 | 81.76 |
| Peso de Agua (gr) | 12.51 | 17.66 | 14.29 | 22.30 | 14.17 | 21.30 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 51.57 | 53.82 | 30.43 | 62.93 | 55.86 | 67.39 |
| Contenido de Humedad | 24.28% | 37.81% | 28.53% | 32.28% | 25.37% | 34.03% |
| Porcentaje de Absorción | - | 8.53% | - | 3.75% | - | 8.66% |
| Peso del Molde (gr) | 6868 | | 7245 | | 7468 | |
| Peso del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 11023 | 11165 | 11256 | 11205 | 11109 | 11365 |
| Peso de la Muestra Húmeda (gr) | 4155 | 4167 | 3771 | 3960 | 3637 | 3897 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 1262.75 | | 2033.84 | | 2901.08 | |
| Peso del Agua Absorbida (gr) | - | 342 | - | 189 | - | 291 |
| Porcentaje de Absorción | - | 4.95% | - | 8.44% | - | 9.92% |
| Densidad Húmeda (gr/cm ³) | 1.91 | 1.96 | 1.78 | 1.75 | 1.71 | 1.71 |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.34 | 1.46 | 1.38 | 1.30 | 1.37 | 1.38 |

| Muestra | Tiempo Transcurrido | MUESTRA 01 | | | MUESTRA 02 | | | MUESTRA 03 | | |
|---------|---------------------|------------|---------|--------------|------------|---------|--------------|------------|---------|--------------|
| | | Dial | Deform. | % de Expans. | Dial | Deform. | % de Expans. | Dial | Deform. | % de Expans. |
| 0 | 0 hor 00 min | 2 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0.00% |
| 0.125 | 1 hor 30 min | 5 | 0.053 | 1.34% | 64 | 0.064 | 1.62% | 56 | 0.056 | 1.38% |
| 0.25 | 3 hor 00 min | 74 | 0.074 | 1.88% | 62 | 0.082 | 2.08% | 42 | 0.042 | 2.37% |
| 0.5 | 6 hor 00 min | 81 | 0.081 | 2.05% | 105 | 0.105 | 2.63% | 103 | 0.103 | 2.70% |
| 1 | 12 hor 00 min | 89 | 0.089 | 2.28% | 132 | 0.132 | 3.28% | 119 | 0.119 | 3.23% |
| 2 | 24 hor 00 min | 106 | 0.106 | 2.69% | 136 | 0.136 | 3.45% | 155 | 0.155 | 3.87% |
| 4 | 48 hor 00 min | 254 | 0.254 | 6.45% | 201 | 0.201 | 5.09% | 208 | 0.208 | 5.26% |
| 4 | 96 hor 00 min | 283 | 0.283 | 7.28% | 231 | 0.231 | 5.85% | 326 | 0.326 | 8.39% |



| Muestra | MUESTRA 01 | | | | MUESTRA 02 | | | | MUESTRA 03 | | | |
|---------|------------|-------------|---------|------|------------|---------|------|-------|------------|---------|------|-------|
| | Dial | Penetración | Puntera | CBR | Dial | Puntera | CBR | % | Dial | Puntera | CBR | % |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0.00 | | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| 25 | 0.515 | 8 | 24.13 | 1.29 | 5 | 14.29 | 0.74 | | 4 | 10.94 | 2.57 | |
| 50 | 1.272 | 15 | 43.07 | 2.12 | 9 | 27.68 | 1.43 | | 7 | 20.98 | 1.08 | |
| 75 | 1.965 | 18 | 57.80 | 2.99 | 14 | 44.42 | 2.29 | | 12 | 37.72 | 1.95 | |
| 100 | 2.540 | 22 | 71.10 | 3.68 | 18 | 57.80 | 2.99 | 2.25% | 16 | 51.11 | 2.64 | 3.76% |
| 125 | 3.115 | 26 | 77.86 | 4.02 | 19 | 61.15 | 3.05 | | 17 | 54.46 | 2.81 | |
| 150 | 3.610 | 29 | 81.22 | 4.26 | 20 | 64.56 | 3.33 | | 18 | 57.80 | 2.96 | |
| 200 | 4.080 | 36 | 84.57 | 4.57 | 23 | 67.84 | 3.51 | 4.47% | 19 | 61.15 | 3.16 | 3.86% |
| 300 | 7.620 | 27 | 87.91 | 4.54 | 24 | 74.53 | 3.85 | | 20 | 64.50 | 3.35 | |
| 400 | 10.180 | 23 | 94.40 | 4.86 | 25 | 81.22 | 4.23 | | 21 | 67.84 | 3.56 | |
| 500 | 12.700 | 31 | 101.28 | 5.29 | 26 | 90.25 | 4.71 | | 23 | 81.22 | 4.20 | |

EC Laboratorio Suelos y Materiales

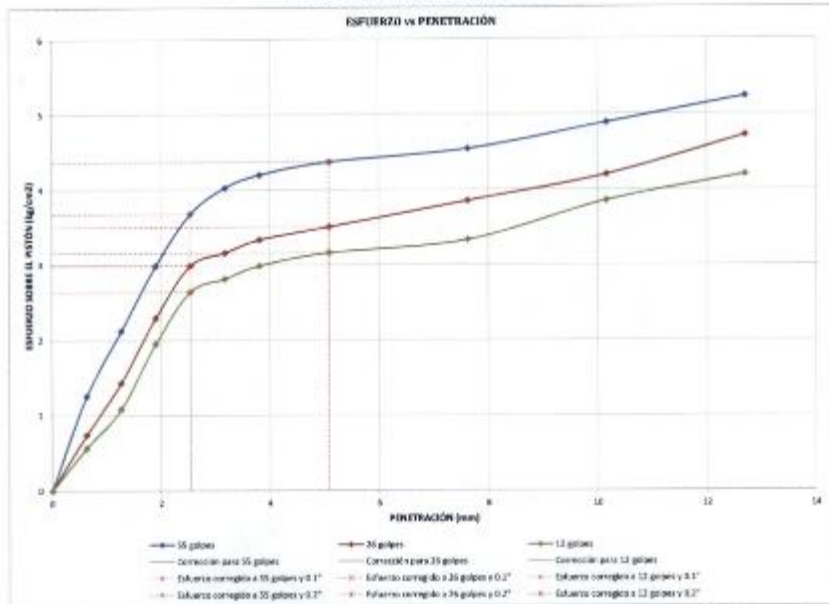
Sergio Ivan Licinio Vergara
Ingeniero Civil - C.I.P. 60374



PRO&CON S.C.R.L.
 - LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 - Barrio Profesional C-1, Tel: (84) 256790, Cel. Movilizar: 904-621493, Cel: 984-727290

Proyecto: Puesto del exvillaje de Cacaho-San Pedro Echigoipi Rethana en Estabilización de Suelos, Caserío Carretera Hualkarpay 2021
 Ubicación: Carretera Hualkarpay - Dto. San Sebastián - Coahuila
 Solicita: Jesús Huamán Roca - Marco Antonio Realfo Quiroz
 Muestra: Carretera Hualkarpay Muestra L con Mucilago al 80%
 Fecha: Lunes, 18 de agosto de 2021

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
 Método 102, basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-198



| CORRECCIONES | | MUESTRA 01 | | | MUESTRA 02 | | | MUESTRA 03 | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--|
| Carga Uniforme Puntal | Penetr. Correg. | Penetr. Correg. | CBR | Penetr. Correg. | CBR | Penetr. Correg. | CBR | Penetr. Correg. | CBR | |
| kg/cm² | mm | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | |
| 70.17 | 3.080 | 3.68 | 5.23% | 2.540 | 2.29 | 4.25% | 2.540 | 3.04 | 4.36% | |
| 175.48 | 0.080 | 4.37 | 4.14% | 5.000 | 3.51 | 3.92% | 5.000 | 6.18 | 4.09% | |



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|---------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 15 | 5.23% | 4.14% | 1.54 g/cm³ |
| 20 | 4.25% | 3.92% | 1.38 g/cm³ |
| 12 | 4.36% | 3.00% | 1.37 g/cm³ |

| | |
|------------------------------|------|
| Densidad Seca Máxima (g/cm³) | 1.34 |
| 95% de la DSM (g/cm³) | 1.46 |

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| CBR al 100% de la DSM | 5.23% | 4.14% |
| CBR al 95% de la DSM | 4.87% | 3.84% |

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

Regio Inn Lucido Vargas
 Ing. Juan Luis Vargas
 Ing. Juan Luis Vargas - C.A.F. 65274



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SOFLOS Y MATERIALES

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del mucilago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Realño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Mucilago al 90%

Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108, Basado en la Norma ASTM D-2216

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 15.55 | 15.40 | 15.12 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 76.12 | 78.20 | 74.70 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 61.90 | 63.20 | 59.90 |
| Peso del Agua (gr) | 14.22 | 15.00 | 14.80 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 46.35 | 47.80 | 44.78 |
| Contenido de Humedad | 30.68% | 31.38% | 33.05% |



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 31.70%

laboratorio de
Soflos y Materiales
Sociedad Anónima
Inscripción C.I.P. 20214



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Efecto del muclago de Cactus-San Pedro Echinopsis Fichanol en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay

Proyecto: 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastián - Cusco

Solicitante: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quisoa

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Muclago al 90%

Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Golpes | 45 | 36 | 30 | 22 |
| Peso de Capsula (gr) | 6.49 | 8.07 | 6.32 | 8.42 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 23.90 | 29.00 | 20.72 | 25.13 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 17.07 | 21.42 | 15.47 | 18.90 |
| Peso del Agua (gr) | 5.83 | 7.58 | 5.25 | 6.23 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 10.58 | 13.35 | 9.15 | 10.48 |
| Contenido de Humedad | 55.10% | 56.78% | 57.38% | 59.45% |



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

| DESCRIPCIÓN | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Peso de Capsula (gr) | 7.84 | 8.03 | 7.82 | 9.82 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 17.92 | 17.79 | 18.13 | 20.55 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 15.55 | 15.62 | 16.00 | 18.35 |
| Peso del Agua (gr) | 2.37 | 2.17 | 2.13 | 2.20 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 7.71 | 7.59 | 8.18 | 8.53 |
| Contenido de Humedad | 30.74% | 28.59% | 26.04% | 25.79% |



| |
|--------------------------------|
| LÍMITE LÍQUIDO = 58.66% |
| LÍMITE PLÁSTICO = 27.79% |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 30.87% |

Laboratorio de Suelos y Materiales

Sergio Ivan Lendo Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-021489, Claro: 984-727700

Proyecto: Efecto del muclago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021
 Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastián - Cusco
 Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quique
 Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Muclago al 90%
 Fecha: Lunes, 16 de agosto de 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 MTC E 107, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

| MATERIAL NO LAVADO | |
|-----------------------------------|-----------|
| Peso total de la muestra = | 708.25 gr |
| Peso de la fracción no lavada = | 0.00 gr |
| Peso de la fracción para lavada = | 708.25 gr |

| FRACCIÓN DE MATERIAL LAVADO | |
|--|-----------|
| Peso de la fracción antes del lavado = | 708.75 gr |
| Peso de la fracción después de lavar = | 3.96 gr |
| % de la fracción lavada = | 100.00% |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO EN FRACCIÓN LAVADA | CORRECCIÓN EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO EN FRACCIÓN LAVADA | % RETENIDO CORREGIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA |
|-----------------------------|---------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|----------------------|------------|
| 4" | 100 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3" | 75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 2" | 50 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1 1/2" | 37.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 1" | 25 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/4" | 19 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| 3/8" | 9.5 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 4 | 4.75 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| Nº 10 | 2 | 0.54 | 13.64% | 0.25% | 13.88% | 0.08% | 0.08% | 99.92% |
| Nº 20 | 0.850 | 0.79 | 19.93% | 0.36% | 20.31% | 0.11% | 0.19% | 99.81% |
| Nº 40 | 0.425 | 0.44 | 11.13% | 0.20% | 11.11% | 0.06% | 0.25% | 99.75% |
| Nº 60 | 0.250 | 0.33 | 8.33% | 0.15% | 8.48% | 0.05% | 0.30% | 99.70% |
| Nº 140 | 0.106 | 1.05 | 26.52% | 0.48% | 26.99% | 0.15% | 0.45% | 99.55% |
| Nº 200 | 0.075 | 0.65 | 16.41% | 0.30% | 16.71% | 0.09% | 0.55% | 99.45% |
| Cazuela | - | 0.09 | 2.27% | 0.04% | 2.31% | 0.01% | 0.56% | - |
| Lavado | - | 704.29 | - | - | - | 99.46% | 100.00% | - |
| Fracción Retenido en Lavado | | 3.89 | 98.23% | 1.77% | 100.00% | 0.56% | | |
| Total | | 708.18 | | %Error = 1.77% OK! | | 100.00% | | |

Gradación: A

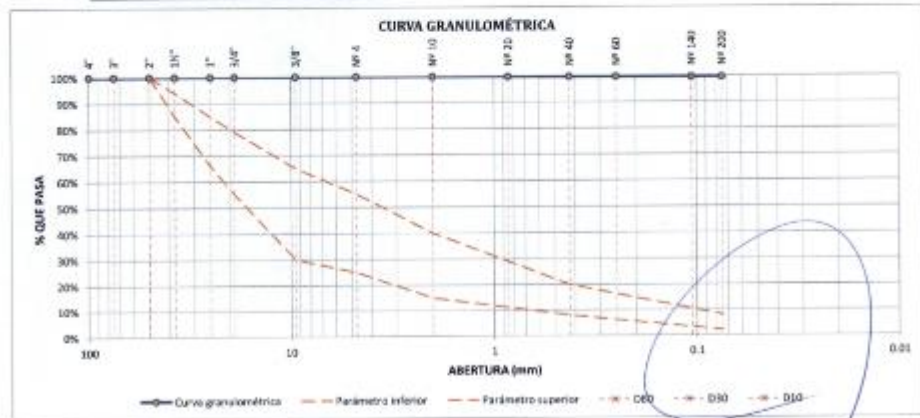
| TAMIZ Nº | LIM. INFERIOR | LIM. SUPERIOR |
|-------------------|---------------|---------------|
| 2" (50 mm) | 100% | 100% |
| 1 1/2" (37.5 mm) | 85% | 94% |
| 1" (25 mm) | 66% | 85% |
| 3/4" (19 mm) | 55% | 79% |
| 3/8" (9.5 mm) | 30% | 65% |
| Nº 4 (4.75 mm) | 25% | 55% |
| Nº 10 (2 mm) | 15% | 40% |
| Nº 40 (0.425 mm) | 8% | 20% |
| Nº 200 (0.075 mm) | 7% | 8% |

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 0.00%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 0.55%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 99.45%
 Total: 100.00%

Fracción Gruesa

% de grava = 0.00%
 % de arena = 100.00%
 Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = Nº 4

Tamaño Máximo Nominal = #N/A

D60 = -
 D90 = -
 D10 = -

Cu = -
 Cc = -



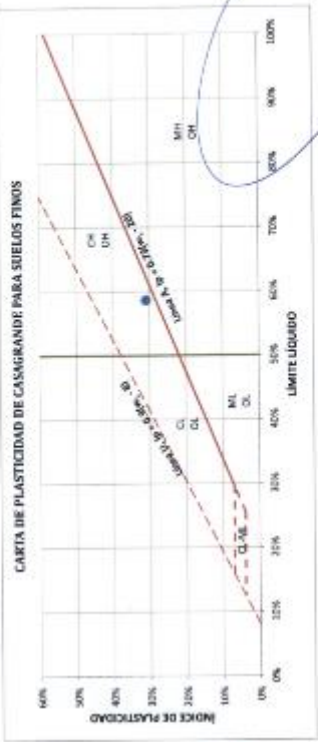
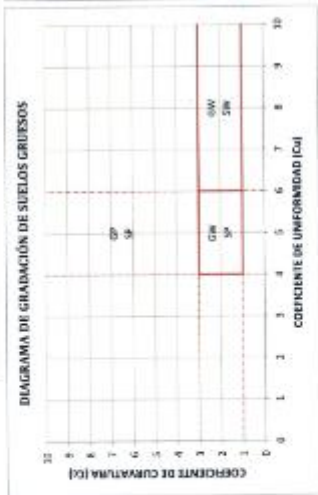
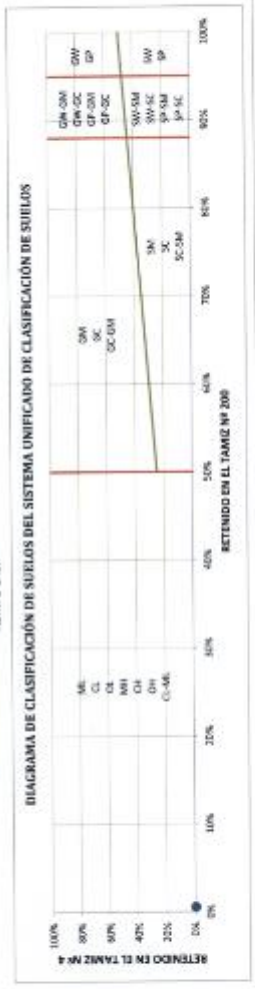
Sergio Iván Liendo Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 61074

PROCON S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 Barrio Profesional C-3, Telf: 084-254739, Cel: 984021489, Claro: 984-727730
 Proyecto: Obras del muestreo de Cactus, San Pedro Empanoso, Pinaros en Estación de Suelos, Caus: Carretera Holjarpay 2021
 Ubicación: Carretera Holjarpay - Bar. San Sebastián - Cusco
 Solicita: Issa-Hualpa Roca - Marco Antonio Barro Colque
 Muestra: Carretera Holjarpay, Muestra 1 con Nuechigo al 90%
 Fecha: Lunes, 15 de agosto de 2021

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUICS)
 ASTM D-1587

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | |
|----------------------------|------------|
| De Granulometría | |
| % de 0.075mm | 0.15% |
| % de 0.425mm | 29.45% |
| Total | 100.00% |
| De Límites de Consistencia | |
| % de Límite Líquido | 0.00% |
| % de Límite Plástico | 0.00% |
| Total | 0.00% |
| Fracción Gruesa | |
| % de Grava | 0.00% |
| % de Arena | 100.00% |
| Total | 100.00% |
| Coeficientes | |
| C _u | - |
| C _c | - |
| De Límites de Consistencia | |
| LI | 0.00% |
| IP | 0.00% |
| Otros Datos | |
| Tipo | inorgánico |



CH = Arcilla densa de alta plasticidad

El Equipo Ideal de Competición que recomendamos la ASTM para este tipo de suelo es: Toldo de neopreno, rodillo de esta de cables



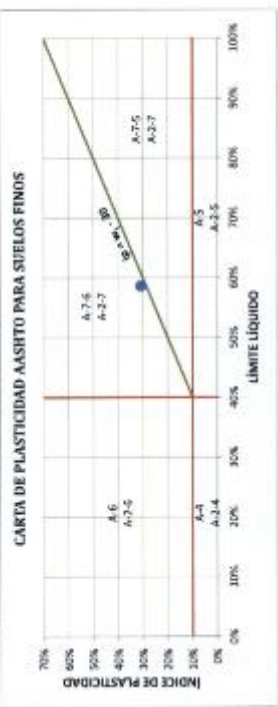
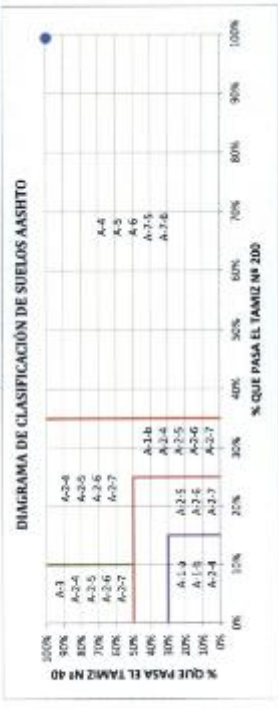
PROCON S.C.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.
- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-2547330, Cód. Muestras: 984-621489, Claro: 984-727700

Proyecto: Estado del muestreo de Cactus-San Pedro Echinoses Pechano en Estabilización de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay 2021
Ubicación: Carretera Huilcarpay, Dist. San Sebastián - Curzo
Solicitante: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reinos Quijige
Muestra: Carretera Huilcarpay / Muestra 1 con Muecligo a 190k
Fecha: Lunes, 26 de agosto de 2021

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

| DATOS PARA CLASIFICACIÓN | | Otros Datos |
|-------------------------------------|--|-------------------|
| De Granulometría | | Tipo = Inorgánico |
| De Límites de Consistencia | | |
| % que pasa el tamiz Nº 10 = 99.92% | | LL = 58.66% |
| % que pasa el tamiz Nº 40 = 99.75% | | LP = 21.70% |
| % que pasa el tamiz Nº 200 = 99.61% | | IP = 36.87% |



| CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO | |
|-----------------------------|--|
| F = 99.45 | F = Porcentaje de partículas que pasan al tamiz Nº 200 |
| W _L = 58.66 | W _L = Límite líquido |
| IP = 30.87 | IP = Índice de plasticidad |

$$IG = 0.2a + 0.0015ac + 0.01bd$$

$$IG = 20$$

A-7-B (20) = Las arcillas y limos más plásticos

El equipo ideal de compactación que recomienda la AASHTO para este tipo de suelo es: Rodillo Palo de Cabra

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
Sra. Yan Echeverría Torres
Ingeniera Civil - CAP 10001



PRO&CON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Barrio Profesional C-1, Telf: 084-254730, Cel. Movistar: 984-621489, Claro: 984-727700

Efecto del mucilago de Cactus-San Pedro Echinopsis Pachanoi en Estabilizacion de Suelos, Caso: Carretera Huilcarpay

Proyecto: 2021

Ubicación: Carretera Huilcarpay - Dist. San Sebastian - Cusco

Solicita: Jesus Huaman Roca - Marco Antonio Reaño Quispe

Muestra: Carretera Huilcarpay Muestra 1 con Mucilago al 90%

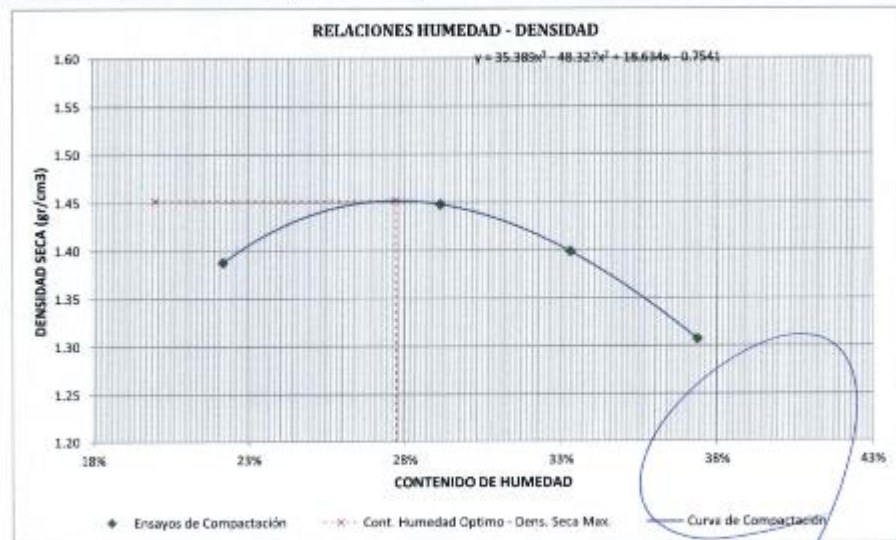
Fecha: lunes, 16 de agosto de 2021.

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO, UTILIZANDO ENERGÍA MODIFICADA

MTC E 115, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-180

| DATOS PRELIMINARES | |
|-----------------------------|----------|
| Método = | A |
| Número de capas = | 5 |
| Número de golpes por capa = | 25 |
| Masa del pisón = | 4.54 Kg |
| Altura de caída del pisón = | 45.72 cm |

| DENSIDAD DE LA MUESTRA | MUESTRA 01 | MUESTRA 02 | MUESTRA 03 | MUESTRA 04 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Número de Proctor Utilizado | P-1 | P-1 | P-1 | P-1 |
| Diámetro del Molde (cm) | 10.16 | 10.16 | 10.16 | 10.16 |
| Altura del molde (cm) | 11.64 | 11.64 | 11.64 | 11.64 |
| Volumen del Molde (cm ³) | 943.96 | 943.96 | 943.96 | 943.96 |
| Peso del Molde (gr) | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 | 3,730.00 |
| Peso del Molde + Muestra Húmeda (gr) | 5,330.00 | 5,495.00 | 5,490.00 | 5,425.00 |
| Peso de la Muestra Húmeda (gr) | 1600.00 | 1765.00 | 1760.00 | 1695.00 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 1309.64 | 1366.67 | 1320.20 | 1233.82 |
| Densidad Seca (gr/cm ³) | 1.39 | 1.45 | 1.40 | 1.31 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | Medio | Medio | Medio | Medio |
| Peso de Capsula (gr) | 19.08 | 18.23 | 16.05 | 19.22 |
| Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr) | 69.83 | 67.99 | 60.59 | 67.11 |
| Peso de Capsula + Muestra Seca (gr) | 60.62 | 56.76 | 49.46 | 54.08 |
| Peso del Agua (gr) | 9.21 | 11.23 | 11.13 | 13.03 |
| Peso de la Muestra Seca (gr) | 41.54 | 38.53 | 33.41 | 34.86 |
| Contenido de Humedad | 22.17% | 29.15% | 33.31% | 37.38% |



DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.45 gr/cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 27.72%

Laboratorio de
Suelos y Materiales

Sergio J. Llanos Vargas
Ingeniero Civil - C.I.P. 65074



PROACON S.C.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
- Banco Profesional C.A., Telf: 884-254730, Cel. Movistar: 884-621486, Clariv: 984-737793

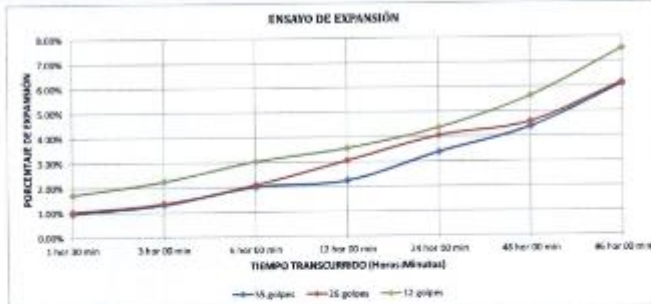
Proyecto: Efecto del muestreo de Cactus San Pedro Echovipos Pichero en Edificación de Suelos, Casa, Carretera Huancayo 2021
Ubicación: Carretera Huancayo - Dist. San Sebastián - Cuzco
Solista: JESSA HAMAN PICO - Muroy Antonio Rendo Quispe
Muestra: Carretera Huancayo, Muestra 1 con Muestreo al 80%
Fecha: lunes, 10 de agosto de 2021

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CRU)
MTC 1.132, Basado en la Norma ASTM D-1583 & AASHTO T-198

| DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO | | DATOS DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN | | DATOS DEL MOLDE | |
|---|--|---|--|---------------------------------------|--|
| Densidad Seca Máxima = 1.45 cm ³ | | Peso del Martillo = 4.54 kg | | Diámetro del Molde = 15.24 cm | |
| Contenido de Humedad Óptimo = 27.72% | | Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm | | Altura del Molde = 17.78 cm | |
| Contenido de Humedad Natural = 31.70% | | Número de Capas = 5 | | Altura del Disco Espaciador = 6.34 cm | |
| | | | | Altura de la Muestra = 11.64 cm | |
| | | | | Área = 181.41 cm ² | |
| | | | | Volumen = 2123.92 cm ³ | |
| DATOS DEL EQUIPO DE PENETRACIÓN | | | | | |
| Constante del Anillo de Carga = -2.46E+06 | | +3.40E+02 *X | | +1.11E-04 *X ² | |
| Área del Píston = 33.33 cm ² | | | | +4.2E-08 *X ³ (KN) | |

| Muestra | ENSAYO DE COMPACTACIÓN | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|--------|------------|--------|------------|--------|
| | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
| Número de Golpes por Capa | 55 | | 78 | | 12 | |
| Condición de la Muestra | Sejada | | Sejada | | Sejada | |
| Ubicación del Contenedor de Humedad | Medio | | Medio | | Medio | |
| Peso de Capas (gr) | 26.38 | 36.00 | 33.28 | 35.48 | 29.30 | 35.14 |
| Peso de Capas + Muestra Humeda (gr) | 84.11 | 88.73 | 89.66 | 90.70 | 82.82 | 107.70 |
| Peso de Capas + Muestra Seja (gr) | 70.22 | 67.73 | 75.83 | 68.23 | 78.34 | 84.07 |
| Peso del Agua (gr) | 13.89 | 21.00 | 13.83 | 22.47 | 4.48 | 23.63 |
| Peso de la Muestra Seja (gr) | 53.84 | 51.73 | 56.65 | 58.45 | 58.04 | 68.00 |
| Contenido de Humedad | 31.88% | 40.83% | 34.43% | 37.13% | 34.52% | 32.55% |
| Porcentaje de Absorción | 14.83% | | 12.83% | | 8.02% | |
| Peso del Molde (gr) | 6841 | | 7380 | | 7510 | |
| Peso del Molde + Muestra Humeda (gr) | 10984 | 11132 | 11145 | 11080 | 10852 | 11256 |
| Peso de la Muestra Humeda (gr) | 4093 | 4279 | 4365 | 4330 | 3842 | 3695 |
| Peso de la Muestra Seja (gr) | 3253.91 | | 3026.21 | | 2883.76 | |
| Peso del Agua Absorbida (gr) | 186 | | 335 | | 353 | |
| Porcentaje de Absorción | 5.72% | | 11.37% | | 14.15% | |
| Densidad húmeda (gr/cm ³) | 1.90 | 1.90 | 1.77 | 1.81 | 1.87 | 1.82 |
| Densidad Seja (gr/cm ³) | 1.58 | 1.44 | 1.42 | 1.34 | 1.26 | 1.18 |

| Muestra | Tiempo Transcurrido | ENSAYO DE EXPANSIÓN | | | | | | | | |
|---------|---------------------|---------------------|--------|----------------|------|------------|----------------|------|--------|----------------|
| | | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | | | | |
| Días | Hrs:Min | Dial | Deform | % de Expansión | Dial | Deform | % de Expansión | Dial | Deform | % de Expansión |
| 0 | 0 hr 00 min | 0 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0.00% | 0 | 0 | 0.00% |
| 0.0625 | 1 hr 30 min | 44 | 0.044 | 1.11% | 47 | 0.367 | 1.09% | 79 | 0.679 | 2.07% |
| 0.125 | 3 hr 00 min | 63 | 0.06 | 1.52% | 62 | 0.502 | 1.51% | 103 | 0.933 | 2.93% |
| 0.25 | 6 hr 00 min | 82 | 0.082 | 2.05% | 85 | 0.596 | 2.09% | 139 | 0.139 | 4.34% |
| 0.5 | 12 hr 00 min | 105 | 0.105 | 2.81% | 140 | 0.14 | 4.05% | 200 | 0.2 | 6.24% |
| 1 | 24 hr 00 min | 135 | 0.135 | 3.87% | 185 | 0.185 | 5.63% | 258 | 0.258 | 8.00% |
| 2 | 48 hr 00 min | 201 | 0.201 | 5.75% | 210 | 0.21 | 6.34% | 345 | 0.345 | 10.74% |
| 4 | 96 hr 00 min | 279 | 0.279 | 8.08% | 282 | 0.282 | 8.18% | 345 | 0.345 | 10.74% |



| Muestra | ENSAYO DE PENETRACIÓN | | | | | |
|--|-----------------------|-------------|------------|--------|------------|--------|
| | MUESTRA 01 | | MUESTRA 02 | | MUESTRA 03 | |
| Carga Uniformenta Patrón (kg/cm ²) | Dial | Penetración | Fuerza | Esfuer | CBR | % |
| 0 | 0.000 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 25 | 0.635 | 12 | 37.72 | 1.95 | 10 | 31.03 |
| 50 | 1.270 | 19 | 61.35 | 3.16 | 17 | 54.46 |
| 75 | 1.905 | 26 | 84.57 | 4.37 | 24 | 73.88 |
| 100 | 2.540 | 34 | 111.31 | 5.75 | 32 | 104.63 |
| 125 | 3.175 | 36 | 128.90 | 6.59 | 35 | 114.86 |
| 150 | 3.810 | 38 | 154.68 | 8.44 | 37 | 121.34 |
| 200 | 5.080 | 43 | 211.87 | 10.79 | 49 | 128.02 |
| 300 | 7.620 | 43 | 241.39 | 14.1 | 41 | 144.75 |
| 400 | 10.160 | 46 | 321.41 | 17.82 | 43 | 141.33 |
| 500 | 12.700 | 49 | 461.43 | 24.1 | 47 | 154.75 |

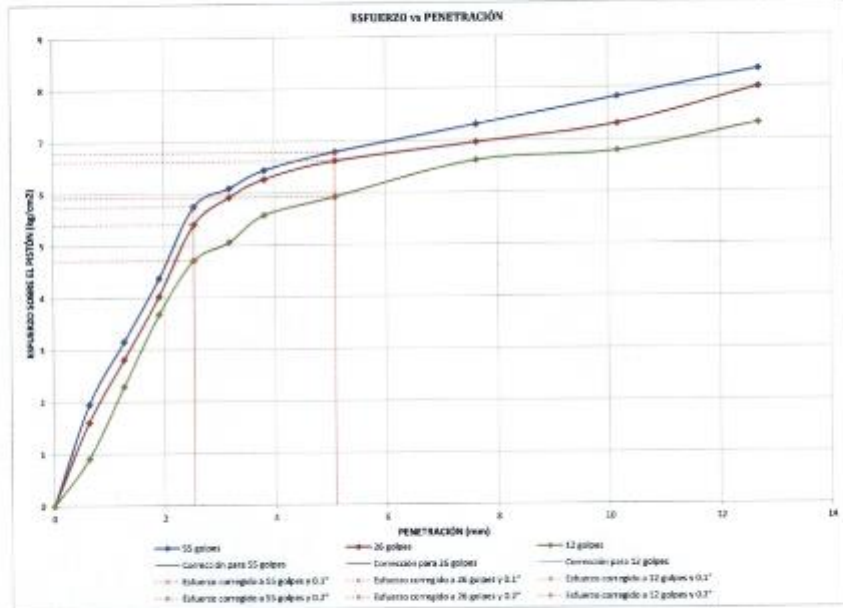
Laboratorio de Suelos y Materiales

Ser. Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

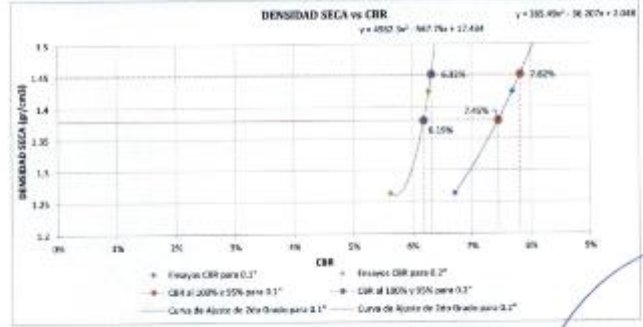


Proyecto: Mejoramiento del macizo de Cactus Sa+ Pedro Echizola Pacheco en Estabilización de Suelo, Caso Carretera Huancapay 2021.
 Ubicación: Carretera Huancapay - Dist. San Sebastián - Cuzco
 Solicita: Ingeniero Juan José - Ricardo Antonio Rosales Quispe
 Muestra: Carretera Huancapay Muestra 1 con Modificado al 93%
 Fecha: Lunes, 18 de agosto de 2021.

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)
 WTC E 133, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-195



| CONDICIONES | MUESTRA 01 | | | | MUESTRA 02 | | | | MUESTRA 03 | | | |
|-----------------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|
| | Peso Correg. | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. | Peso Correg. | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. | Peso Correg. | Penetr. Correg. | Esfuer. Correg. | CBR Correg. |
| Carga Unitaria Patrón | | | | | | | | | | | | |
| kg/cm² | | | | | | | | | | | | |
| 20.45 | 2.540 | 5.75 | 6.08% | 2.543 | 5.41 | 7.68% | 7.68% | 2.540 | 4.71 | 5.71% | 5.71% | |
| 125.45 | 5.380 | 6.79 | 6.44% | 2.083 | 6.01 | 6.37% | 6.37% | 4.380 | 5.92 | 5.82% | 5.82% | |



| Número de Golpes | CBR | | Densidad Seca |
|------------------|-------|-------|---------------|
| | 0.1" | 0.2" | |
| 55 | 6.18% | 6.44% | 1.53 g/cm³ |
| 25 | 7.68% | 6.37% | 1.41 g/cm³ |
| 12 | 6.71% | 5.62% | 1.28 g/cm³ |

| | |
|-------------------------------|------|
| Densidad Seca Muestra (g/cm³) | 1.45 |
| % de la DSM (g/cm³) | 1.48 |

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| CBR al 100% de la DSM | 7.68% | 6.92% |
| CBR al 95% de la DSM | 7.20% | 6.10% |



Sergio Luis Cuzco Vargas
 Ingeniero Civil - C.I.P. 65074

INFORME DE ENSAYO IE-260821-01

1. DATOS DEL CLIENTE

- 1.1 Cliente : MARCO ANTONIO REAÑO QUISPE / JESÚS HUAMÁN ROCA
1.2 RUC/DNI : 45623728 / 44239052
1.3 Proyecto/ Tesis : "EFECTO DEL MUCÍLAGO DE CACTUS SAN PEDRO ECHINOPSIS PACHANOI, EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS, CASO :CARRETERA HUILCARPAY ,2021"

2. FECHAS

- 2.1 Inicio : 27 de Agosto de 2021
2.2 Fin : 01 de Septiembre de 2021
2.3 Emisión de informe : 02 de Septiembre de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

- 3.1 Temperatura : 20.4 °C
3.2 Humedad Relativa : 50 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

- 4.1 Ensayo solicitado y método de ensayo : Conductividad Eléctrica/ Electrométrico
Cloruros/ Volumétrico
Sulfatos/ Espectrofotometría Uv-Visible
pH/ Potenciométrico
Sales Solubles/ Gravimétrico
Viscosidad/ Viscosímetro

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: Datos de la muestra analizada

| Código Interno de Muestra | Tipo de Muestra | Identificación de Cliente |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|
| S-2258 | SOLUCIÓN LÍQUIDA | CACTUS SAN PEDRO ECHINOPSIS PACHANOI |

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

6. RESULTADOS
6.1. Resultados Obtenidos

Tabla N°2: Resultados fisicoquímicos

| Parámetro | Método | Unidad | Resultados |
|---|-------------------------------|--------------------|------------|
| pH | Potenciométrica | U.pH | 4.14 |
| Cond. Elect. 25 °C | Electrométrico | uS/cm | 4825 |
| Cloruros, Cl ⁻ | Volumétrico | mg/L | 817.25 |
| Sulfatos, SO ₄ ²⁻ | Espectrofotometría Uv-Visible | mg/L | 186.04 |
| Sales Solubles | Gravimétrico | mg/L | 6725 |
| Viscosidad | Viscosímetro | mm ² /s | 530.83 |

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.




DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337